2854

MANUEL DE CONCEPTION DES STRUCTURES DES CHAUSSÉES RÉSERVÉES AUX TRANSPORTS EN COMMUN

sites protégés,
rues réservées

MINISTÈRE DE L'URBANISME, DU LOGEMENT ET DES TRANSPORTS
SECRÉTARIAT D'ÉTAT CHARGÉ DES TRANSPORTS

Ce document a été réalisé
dans le cadre d'un groupe de réflexion
comprenant des représentants des services suivants :

le Centre d'Études des Transports Urbains (C.E.T.U.R.),
le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (L.C.P.C.),
le Service d'Études techniques des Routes et Autoroutes (S.E.T.R.A.),
le Laboratoire Régional de l'Équipement de l'est parisien,
le Laboratoire Régional de l'Équipement de Rouen,
le Laboratoire Régional de l'Équipement de Lille,
le Laboratoire Régional de l'Équipement de l'ouest parisien,
le Laboratoire Régional de l'Équipement d'Aix-en-Provence.

PRÉLIMINAIRE

Face à l'engorgement des villes par l'automobile, une prise de conscience de la **place importante que devraient tenir les transports en commun** parmi les autres modes de déplacement s'est manifestée dans les années 1970.
Un des outils de cette politique est la **réservation de voirie** ; il peut s'agir de **rues réservées** (rues mixtes piétons-transports en commun par exemple) ou de **sites protégés** (couloir bus ou site propre).

Deux stratégies sont envisageables en matière de conception de ces chaussées au moment de la définition du projet suivant les objectifs du Maître d'Ouvrage et les moyens dont il dispose :

- l'opération peut se réaliser avec un **investissement initial réduit** en tirant parti au maximum de structures existantes et moyennant éventuellement une remise en état de la couche de roulement ;
- l'opération peut se réaliser avec un **investissement plus important** visant à reprendre l'ensemble de la structure de la chaussée et à la redimensionner en tenant compte de certains critères d'exploitation.

Dans le premier cas, le risque est évident de voir la chaussée se dégrader rapidement et de ne plus offrir un niveau de service satisfaisant sans des interventions fréquentes d'entretien souvent coûteuses dans un contexte urbain.

Dans le second cas, l'objectif est de réaliser un aménagement de qualité adapté au type de circulation en minimisant les nécessités d'entretiens ultérieurs.

Le présent manuel a pour but d'apporter des éléments susceptibles d'aider le Maître d'Œuvre dans l'élaboration de ces aménagements en proposant une **méthode de conception des structures des chaussées réservées aux transports en commun.**
Le travail repose d'une part sur l'expérience acquise en la matière permettant de mieux **prendre en compte les problèmes propres à ce type de voies** (exigences dues à l'environnement urbain, spécificité du trafic, critère de choix de la couche de roulement).
Il s'appuie d'autre part sur les travaux déjà menés sur le dimensionnement des chaussées qu'il convenait d'adapter.
Le lecteur notera que si les solutions envisagées se font à partir de techniques traditionnelles, d'autres procédés sont aussi évoqués (pavés béton - dalles béton en particulier).
Il est à prévoir que pour mieux répondre aux impératifs de ces types d'ouvrages (précisés dans ce document) et **notamment de leur intégration dans le paysage urbain** une évolution des techniques se fera dans les années à venir, dans le sens de certaines innovations.

SOMMAIRE

CONCEPTION DES STRUCTURES DES CHAUSSÉES RÉSERVÉES AUX TRANSPORTS EN COMMUN

sites protégés, rues réservées

SOMMAIRE

ABRÉVIATIONS

RELATIVES AU TRAFIC

T.C.	Transport en Commun
P.L.	Poids Lourd
P.T.C.	Poids Total en Charge

RELATIVES AUX MATÉRIAUX ET STRUCTURES

BB	Béton Bitumineux
GB	Grave Bitume
GE	Grave Émulsion
GH	Grave traitée au liant Hydraulique
GC	Grave Ciment
GL	Grave Laitier
GCV	Grave Cendres Volantes
SL	Sable Laitier
SC	Sable Ciment
CV	Cendres Volantes
LTCC	Limon Traité à la Chaux et au Ciment
GNT	Grave Non Traitée
GRH	Grave Recomposée Humidifiée
BC	Béton de Ciment
BM	Béton Maigre
Rf	Résistance en traction par flexion
Rt	Résistance en traction directe
E	Module de déformation
MPa	Méga Pascal
Ip	Indice de plasticité
wp	Limite de plasticité
ES	Équivalent de Sable
OPN	Optimum Proctor Normal
VB	Valeur de Bleu
LA	Coefficient de Los Angelès
MDE	Coefficient micro-Deval en présence d'Eau
I_c	Indice de concassage
CBR	Indice portant californien
EV_2	Module à la plaque
R	Coefficient de Restitution dynaplaque
R %	Risque de la chaussée

INTRODUCTION

La conception des structures de chaussées neuves réservées aux T.C. pose un triple problème :

- **Le choix de la couche de roulement doit répondre à des exigences nombreuses voire contradictoires.**
- **Le trafic bus est un trafic lourd et canalisé, difficile à quantifier.**
- **Les sols supports sont très hétérogènes de portance difficile à déterminer.**

A cela s'ajoutent les difficultés inhérentes à leurs conditions de leurs mises en œuvre dans un contexte urbain :

- **Présence des réseaux enterrés, émergences diverses.**
- **Permanence à assurer la circulation, les accès.**
- **Exiguïté des chantiers.**
- **Délai d'exécution réduit.**

Ce document se présente comme un outil d'aide au dimensionnement de ces chaussées, compte tenu de ces contraintes en apportant des éléments de réponses sur les points suivants :

LA COUCHE DE ROULEMENT

Un tableau synthétise les critères de choix et les différentes techniques sont commentées.

LE TRAFIC

Une méthode de calcul permet d'évaluer le trafic bus en fonction des types de véhicules et de leur effet de canalisation.

LA PLATEFORME SUPPORT DE LA CHAUSSÉE

Des tableaux définissent des sous-classes de sols et leur portance correspondante, des données concernant l'amélioration de la portance sous forme de purges sont précisées.

LE DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES

Le manuel ne propose pas des structures précalculées dans la mesure où il envisage deux hypothèses pour la durabilité de la structure.
Il permet, pour des structures types, un dimensionnement en fonction du trafic et de la portance du sol sous forme d'abaques.

L'EXEMPLE D'UTILISATION

Le manuel traite dans son dernier chapitre un cas concret qui doit permettre au projeteur de se guider à travers le document.
Ce cas concret aboutit à la définition de deux structures répondant à deux techniques de couche de roulement. Celles-ci s'approchent au mieux des objectifs formulés par le maître d'ouvrage auquel il revient le choix définitif de la structure selon les critères techniques et économiques.

Des exemples de réalisations existantes commentées complètent le document au chapitre 6 afin d'illustrer les diverses techniques envisagées dans ce manuel.

CRITÈRES RELATIFS AU CHOIX DE LA COUCHE DE ROULEMENT ET A SON EXÉCUTION

Si la couche de roulement a pour objet généralement de protéger les assises de la chaussée et d'apporter les qualités de surface nécessaires au confort et à la sécurité des usagers elle doit, en tant que revêtement urbain réservé à un usage spécifique, avoir des qualités supplémentaires.
Par ailleurs les techniques disponibles étant diverses, le choix, parfois difficile à faire, résulte d'un compromis que fait le maître d'œuvre en fonction des exigences auxquelles il est soumis.

I. - CRITÈRES RELATIFS A LA COUCHE DE ROULEMENT.

Les exigences des Maîtres d'Œuvre peuvent être classées en 5 familles de critères :

1.1. Critère de résistance au trafic.

L'agressivité spécifique du trafic bus conduit à rechercher des revêtements présentant une **résistance à l'orniérage** supérieure à la moyenne, cela est d'autant plus nécessaire qu'il n'est pas toujours possible de disposer d'un décaissement suffisant pour dimensionner correctement la structure.
Se pose de plus le problème du **comportement de la chaussée au droit des arrêts.**
Sur ces zones d'accélération et de décélération, le stationnement répété des véhicules aux mêmes emplacements nécessite de la part du revêtement une résistance accrue au poinçonnement et aux chutes d'**hydrocarbures.** Certains matériaux s'avèrent mieux adaptés pour résister à ces agressions, leur emploi permet en outre de singulariser ces zones de surface réduite en les visualisant par rapport à la voie de circulation.

1.2. Critères liés aux caractéristiques superficielles.

Parmi ces critères doit être mis en avant le critère **différenciation visuelle de la voie.** Il est apparu que pour un site protégé, cet élément est un facteur de meilleur respect de la voie par les autres usagers vis-à-vis de la circulation et du stationnement parasite.
Quelle que soit la nature de la réservation de la voie, cet élément contribue par ailleurs à une meilleure sécurité mutuelle en affirmant la présence de ce type de circulation. La recherche de revêtement se différenciant de l'environnement doit s'accompagner de plus, d'un souci d'intégration au paysage urbain.
Si l'**uni** de surface est important, notamment au niveau du confort des passagers, le niveau d'**adhérence** doit particulièrement être pris en compte.
Bien que les vitesses de circulation des bus soient peu élevées, le besoin en adhérence demeure important compte tenu d'une part de la masse du véhicule et d'autre part de la multitude de conflits (carrefours, piétons, 2 roues) envisageables.
L'**étanchéité** ne doit pas être oubliée pour la protection apportée aux réseaux enterrés.
Enfin, le **critère bruit** est un critère sensible aussi bien par rapport aux riverains que par rapport aux passagers.

1.3. Critères de mise en œuvre.

L'exiguïté des emprises disponibles, les phasages de construction, les contraintes imposées par l'environnement urbain peuvent affecter la qualité des travaux.
Il convient donc de considérer l'**incidence de la nature des travaux** par rapport à ces contraintes, avec en particulier le problème des **franchissements de carrefours** et la présence d'obstacles durs (regards, bouches, avaloirs).

1.4. Critères d'entretien et d'exploitation.

La réparabilité des couches de roulement est un point très important pour les chaussées urbaines, qui sont continuellement l'objet de travaux divers liés à la présence de réseaux enterrés ; cet aspect de l'entretien a été examiné sous l'angle :

- **de la commodité d'intervention :** facilité et durée des opérations d'ouverture et de remise en état de la chaussée, délai, gêne à la circulation, possibilité de réparer avec le même matériau ;
- **du comportement ultérieur :** aspect et tenue dans le temps des réfections.

L'entretien de l'état de la chaussée est un critère à prendre en compte en relation avec l'investissement initial consenti, de même que l'aspect **nettoiement et maintien du marquage au sol.**

1.5. Critères économiques.

Bien entendu, le choix du revêtement et de la structure qui en résulte se fera suivant le budget disponible et les coûts d'entretien. A ajouter que la garantie de la durabilité de l'ouvrage influencera les Maîtres d'Œuvre dans leur choix, ainsi que l'impact de la réalisation des travaux sur la vie locale (circulation, activité).

II. - LES MATÉRIAUX.

A priori, les matériaux utilisés en construction routière urbaine sont utilisables dans ce type de chaussée. Il convient de rappeler que les revêtements trop rugueux sont cependant à employer avec précaution ou moyennant certaines adaptations.
Dans ces conditions :

- n'ont pas été retenus les enrobés cloutés ni les enduits superficiels, techniques pouvant s'avérer :
  - peu opérationnelles en ville et comportant un risque d'échec élevé,
  - se prêtant mal aux opérations de nettoiement,
  - présentant un risque accentué de poinçonnement sur des voies affectées aux véhicules de T.C. ;
- ont été pris en considération les matériaux suivants : les bétons bitumineux, les enrobés spéciaux, l'asphalte coulé, le béton de ciment, le pavé de béton, les pavages en pierre, les dalles-béton préfabriquées.

2.1. Les bétons bitumineux.

Pour l'ensemble des matériaux bitumineux, on emploiera les granulométries 0/10 et 0/14 en couche de roulement, les matériaux de granulo-

métrie 0/6 présentant une adhérence insuffisante.
Deux recensements effectués au niveau de la région parisienne et de la Communauté Urbaine de Lille ont montré le bon comportement observé en général des bétons bitumineux classiques utilisés en couloir bus, même au droit des zones d'arrêts ; sous réserve d'une formulation adaptée : BB 0/10 et 0/14 semi-grenus, à base de granulats entièrement concassés de roche dure et de bitume dur, ils peuvent présenter un comportement très satisfaisant jusqu'à des valeurs de trafic cumulé N assez élevées ($N > 10^6$).
Ces matériaux, dont les moyens de fabrication et de mise en œuvre sont très répandus, présentent un coût nettement inférieur à celui des enrobés à liant modifié ou des enrobés percolés et une meilleure maniabilité pour toutes les phases d'application manuelle, très fréquentes en site urbain.
L'épaisseur préconisée de béton bitumineux est d'au moins 6 cm pour les chaussées à assises traitées aux liants hydrauliques, une valeur inférieure (4 à 6 cm) n'étant retenue que pour les cas de trafics les plus faibles ($N = 10^4$ à 10^5).
La directive pour la réalisation des couches de surface de chaussée en béton bitumineux (SETRA 1969) reste un outil pour la réalisation de ce type de revêtement.
A noter qu'il y a lieu de respecter avant la mise en service un **délai de refroidissement** suffisant (pouvant dépasser 12 heures en période estivale) sous peine de provoquer un début d'orniérage sous les charges des bus. Cette remarque vaut aussi pour les enrobés spéciaux et l'asphalte coulé.

2.2. Les enrobés spéciaux.

Le domaine des enrobés spéciaux reste un domaine évolutif. Ce sont des procédés d'entreprises et le recul dans le temps est parfois insuffisant pour porter un jugement de qualité. Cependant ils sont attractifs en milieu urbain, compte tenu de leurs caractéristiques d'application **(notamment épaisseur réduite à 3 à 4 cm).**
Dans le cas des chaussées réservées aux T.C., l'expérience montre que les enrobés à liant modifié et les enrobés percolés trouvent leur justification pour les cas de sollicitations très intenses où les enrobés au bitume pur risqueraient de présenter des signes d'instabilité. La famille des enrobés à liant modifié est composée de matériaux de types différents : pour l'utilisation de ces produits, il est donc conseillé de se rapprocher des organismes auteurs du présent document : CETUR, LCPC, SETRA.
D'une manière générale, les enrobés à liant modifié sont moins maniables que les enrobés classiques et ne se prêtent pas à des fabrications et mises en œuvre discontinues : leur emploi sera donc réservé à des chantiers où l'application sera peu morcelée, et comportera peu de travail à la main.

2.3. L'asphalte coulé.

L'asphalte est un matériau spécifiquement urbain dont les nombreux avantages favorisent l'emploi en revêtement de chaussée : sa mise en œuvre, mécanisée ou manuelle (cas des rues étroites n'autorisant pas l'emploi d'un finisseur) s'adapte bien à de nombreux phasages de chantier ; les emprises réduites de chantier causent une moindre gêne, sa réparabilité est excellente (commodité d'intervention et tenue ultérieure), les **épaisseurs sont faibles (3 à 5 cm).**
Comme pour les bétons bitumineux classiques, l'utilisation de l'asphalte coulé peut être envisagée jusqu'à des trafics assez élevés : ($N \simeq 10^6$).

2.4. Le béton de ciment.

Cette technique très utilisée à l'étranger est peu répandue en France dans le domaine urbain compte tenu de ces contraintes d'emploi.
Le béton coulé sert à la fois de couche de roulement et de couche de base (épaisseur variant entre 20 et 32 cm). Son usage en chaussée T.C. tient beaucoup à ces qualités de résistances au trafic.
Un cahier des clauses techniques générales et des directives sont disponibles pour réaliser ce type de revêtement.

2.5. Le pavé béton.

L'usage du pavé béton comme revêtement de chaussées réservées au T.C. se développe actuellement dans la mesure où il présente de nombreuses qualités répondant aux exigences du Maître d'Œuvre.
Certains points sont cependant encore imparfaitement maîtrisés (dimensionnement en fonction de l'assise, étanchéité) et font l'objet d'études complémentaires.

2.6. Les pavages en pierre et les dalles-béton préfabriquées.

Ces matériaux sont à mentionner également, le premier parce qu'il correspond à un matériau typiquement urbain en voie de disparition mais dont l'usage s'avère parfois encore souhaité dans certains sites (rues mixtes), le second parce qu'il correspond à une technique qui cherche à s'adapter aux problèmes spécifiques de ces chaussées.

III. - TABLEAU DE SYNTHÈSE.

Le tableau suivant a pour objet de synthétiser l'ensemble des critères exposés ci-dessus et de les croiser avec les matériaux envisagés.
Le commentaire figurant en intersection se veut un indicateur résultant des observations effectuées au cours de cette étude. Le Maître d'Œuvre pourra l'enrichir de sa propre expérience et l'utiliser comme une aide à la décision.

TABLEAU DES CRITÈRES RELATIFS AUX COUCHES DE ROULEMENT

	RÉSISTANCE AU TRAFIC			CARACTÉRISTIQUES SUPERFICIELLES					MISE EN ŒUVRE		ENTRETIEN		
	Résistance à l'ornièrage	Comportement au droit des arrêts	Résistance aux hydrocarbures	Différenciation visuelle de la voie	Uni de surface	Adhérence Sécurité	Étanchéité	Bruit	Incidence de la nature des travaux : exiguïté, phasages, quantités fabriquées, sur la qualité de la réalisation	Franchissement des carrefours	Réparabilité : 1 - facilité et rapidité du démontage 2 - facilité et rapidité du remontage, possibilité de réemploi du même matériau 3 - aspect et tenue ultérieurs	Entretien dans le temps. Nettoiement	Tenue de la signalisation au sol
Béton bitumineux	Bonne si formulation adaptée du BB et bonnes conditions de mise en œuvre	Moyen	Point sensible	Possibilité de coloration en jouant sur la teinte des granulats. Éviter pour des couloirs bus la coloration par pigmentation du liant.	Bon	Paramètre très variable selon la formulation ; niveau en général satisfaisant	Bonne		Faible	Technique bien adaptée	1 - démontage aisé 2 - réfection aisée, avec le même matériau 3 - médiocre : raccordements souvent défectueux		
Enrobés spéciaux à liants modifiés	Améliorée par rapport à celle du béton bitumineux	Amélioré par rapport à celui d'un béton bitumineux	Point sensible comme pour les enrobés classiques, sauf pour les enrobés à base de goudron	Dans les mêmes conditions que pour les bétons bitumineux	Bon	Même remarque que pour les bétons bitumineux	Bonne	Niveau faible	Matériaux à éviter sur des chantiers de petite surface ou de réalisation trop morcelée	Technique bien adaptée	Réparation impossible avec le même matériau (quantité à fabriquer) Emploi d'un enrobé classique (cf ci-dessus)		
Enrobés percolés	Très bonne	Très bon	Bonne	Oui (rouge)	Bon	Paramètre lié à la qualité de la finition	Très bonne		Faible	Difficile.	Réparation impossible avec le même matériau (quantité à fabriquer, délai de durcissement) Emploi d'un enrobé classique (cf ci-dessus)	Aucune difficulté	Bonne
Asphalte coulé	Moyenne, à éviter pour des trafics très élevés	Moyen	Point sensible	Éviter pour des couloirs bus l'emploi d'asphalte coloré	Uni tributaire de celui du support	Glissant sans traitement de surface	Très bonne		Aucune. Technique adaptée aux mises en œuvre discontinues	Technique bien adaptée	1 - démontage aisé 2 - réfection aisée 3 - excellents		
Béton de ciment	Très bonne	Très bon	Très bonne	Oui, teinte claire	Bon uni (présence de joints transversaux)	Point à surveiller à long terme	Liée à l'état des joints		Faible	Difficile. Prévoir une autre solution pour les carrefours	Technique à éviter en cas de réseaux sous chaussée 1 - difficile 2 - délai important avant remise en circulation 3 - satisfaisants	Entretien des joints	
Pavés béton	Très bonne	Amélioré par un jointoiement des pavés au mortier sec	Très bonne	Oui : multiples possibilités de formes et de teintes de pavés (blanc, rouge, gris, ocre)	Dépend de la qualité de la mise en œuvre	Diversité des états de surface possibles ; niveau en général satisfaisant	Mauvaise	Susceptible de s'accentuer dans le temps selon l'évolution des joints entre dalles ou pavés	Aucune. Technique adaptée aux mises en œuvre discontinues	Technique bien adaptée	1 - travail aisé et rapide 2 - travail aisé et rapide 3 - très bons	Les matériaux de teinte claire sont plus sensibles aux taches d'huile	Mauvaise tenue. Possibilité de réaliser certains marquages au moyen des pavés eux-mêmes (coloration claire)
Pavages en pierre	Très bonne	Amélioré par un jointoiement des pavés au mortier sec	Très bonne	Oui : différents aspects liés au mode de pose et à la nature de la roche	Dépend de la qualité de la mise en œuvre	Niveau en général médiocre	Mauvaise		Aucune. Technique adaptée aux mises en œuvre discontinues	Technique bien adaptée	1 - travail aisé et rapide 2 - travail aisé et rapide 3 - très bons	Entretien des joints	Mauvaise tenue
Dalles béton préfabriquées	Très bonne	Très bon	Très bonne	Oui : diverses teintes possibles : (blanc, rouge, gris, ocre)	Bon à court terme. Risque de décalage entre dalles	Point à surveiller à long terme	Liée à l'état des joints		A éviter en cas d'émergences nombreuses	Possible, mais implique un changement de profil	1 et 2 - travail aisé : nécessite un matériel approprié 3 - très bons	Entretien des joints	Bonne

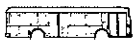
TRAFIC

I. - INTRODUCTION.

Le trafic constitue un élément essentiel du dimensionnement des chaussées qu'il est nécessaire de quantifier sur le plan de l'agressivité des charges lourdes.

Compte tenu du grand nombre de cas possibles résultant des différentes hypothèses de durée de service des chaussées et de taux de croissance du trafic que peut envisager le projeteur, ce paramètre doit être une valeur N du trafic cumulé prévisible sur une durée choisie. Cette valeur N tient compte de l'**agressivité des charges**, propre à chaque type de véhicule, et d'un facteur de canalisation du trafic.

TABLEAU I - Présentation des silhouettes des véhicules et des coefficients d'agressivité associées A.

Silhouette	N°	Exemples	P.T.C. (tonnes)	Répartition du P.T.C. par essieu avant	milieu	arrière	Coefficient d'agressivité A: Structure semi-rigide BB/GH/GH (*)	Structure mixte BB/GB/GH	BB/GB/GNT	BB/GH/GNT
 Autobus	1a	RENAULT SC 10 RENAULT S 105 R	14,5 à 15 t	7 à 7,5 t	X	7,5 t	$4,10^{-3}$	0,10	0,20	0,02
	1b	RENAULT S 105 RA	15,2 t	7 t	X	8,2 t	$5,10^{-3}$	0,12	0,26	0,02
 Autobus	2a	KASSBOHRER S 130 HEULIEZ 307 001 BERLIET PR 100 PA RENAULT PR 100 MI RENAULT Autobus futur	16 à 17,5 t	6 à 6,5 t	X	10,4 à 11,2 t	0,15	0,29	0,44	0,15
	2b	RENAULT P 70-U	11 t	4,1 t	X	7,7 t	10^{-3}	0,01	0,08	10^{-3}
 Autobus articulé	3	KASSBOHRER SG 180	24 t	6,5 t	10 t	7,5 t	0,05	0,18	0,42	0,07
 Autobus articulé	4	HEULIEZ 307 101 SAVIEM SG 220 RENAULT PR 180	23,6 t à 26 t	6,2 à 7 t	8,6 à 10 t	7 à 11,1 t	0,09	0,25	0,41	0,07
 Trolleybus	5	RENAULT ER 100 H	18 t	6,1 t	X	11,9 t	0,4	0,54	0,69	0,4
 Trolleybus articulé	6	RENAULT PER 180 Articulé	28,3 t	6,4 t	10,2 t	11,7 t	0,45	0,68	0,91	0,35

∘ essieu à roues simples • essieu à roues jumelées (*) + chaussées béton + chaussées pavées

Nota : Les valeurs de A contenues dans le tableau I ont été établies pour le poids total en charge. On dispose donc d'un coefficient de sécurité en retenant ces valeurs d'agressivité alors que la valeur moyenne de la charge en service est plus faible (de l'ordre de 0,7 P.T.C. d'après l'examen des taux de remplissages moyens des véhicules).

II. - PRISE EN COMPTE DU TYPE DES VÉHICULES.

L'examen du parc des véhicules urbains de transports en commun en France a permis de distinguer **huit familles du point de vue des charges et types d'essieux.**

Chaque silhouette présente un coefficient d'agressivité propre vis-à-vis des structures des chaussées, exprimé en nombre équivalent d'essieux types.

La valeur du trafic bus, exprimée en nombre cumulé de véhicules sera donc convertie en nombre d'essieux type de référence au moyen d'un coefficient multiplicateur A qui tient compte de l'agressivté du type de véhicule – tableau I. Ce coefficient d'agressivité, pour une silhouette donnée, est aussi fonction du type de la structure de chaussée.

Une étude spécifique sera nécessaire si la voie n'est réservée qu'à temps partiel et doit recevoir un trafic appréciable de P.L.

Nota : le terme d'essieu type désigne l'essieu de 13 T qui est l'essieu légal en France.

III. - PRISE EN COMPTE DE LA CANALISATION DES CHARGES. TABLEAU II

La circulation des véhicules de transports en commun en zone urbaine a la particularité de présenter une canalisation plus accentuée que sur route.

On introduit un **coefficient pondérateur B du trafic** pour tenir compte du surcroît de contraintes qui en résulte : ce coefficient qui varie peu avec la structure de chaussée, est lié **à la largeur utile de la voie.**

IV. - DÉTERMINATION DU TRAFIC CUMULÉ (N).

Il est caractérisé par un nombre N qui représente le nombre cumulé d'essieux types pendant la durée de service choisie.

Le trafic cumulé N est déterminé en multipliant le trafic à la mise en service T par un facteur de cumul C, et par les facteurs d'agressivité A et B :

$$N = T \times C \times A \times B$$

où :

N représente le trafic cumulé exprimé en essieux types,

T caractérise le trafic cumulé de l'année de mise en service, en nombre de véhicules de transport en commun,

C facteur de cumul, est donné par le tableau III en fonction de la durée de service et du taux de croissance du trafic,

A facteur d'agressivité du trafic, lié au type de véhicule et au type de structure de la chaussée, est défini au § II,

B facteur d'agressivité lié à la canalisation des charges est défini au § III.

Le cas échéant, le trafic cumulé N sera déterminé pour plusieurs silhouettes par :

$$N = \sum_i T_i \times C_i \times A_i \times B$$

4.1. Détermination de T.

A partir de l'indication du trafic prévu communiquée par le service exploitant, on déterminera la valeur T du trafic cumulé pour l'année de mise en sevrice (le cas échéant en distinguant chaque silhouette).

4.2. Détermination de C.

La détermination du trafic cumulé nécessite de choisir une durée de service et un taux de croissance : le choix de ces hypothèses appelle les deux commentaires suivants :

DURÉE DE SERVICE.

La durée de service est, pour des hypothèse moyennes (trafic réellement supporté, qualité de réalisation...), la période pendant laquelle on n'aura pas, en principe, à effectuer d'entretien structurel, les seules opérations nécessaires étant celles liées aux caractéristiques superficielles.

Pratiquement, pour des voies situées en zone urbaine, sur lesquelles il est impossible de réaliser un entretien structurel, et qui d'autre part doivent présenter un bon niveau de service, **on retiendra une durée de service longue, au moins égale à 20 ans.**

Compte tenu des propriétés des matériaux traités aux liants hydrauliques, on verra plus loin qu'avec ce type de matériau un objectif de longue durée peut être atteint par une faible surépaisseur et donc pour un faible coût supplémentaire.

TAUX DE CROISSANCE.

Le tableau III permet de retenir un taux géométrique annuel de croissance pouvant aller de 0 à 10 %, dont la valeur sera communiquée par le Service exploitant. Dans les cas où l'on ne disposera pas de prévisions sur l'évolution probable du trafic, **on retiendra de préférence un taux de 4 %.**

Dans l'hypothèse où le taux de croissance prendrait plusieurs valeurs pendant la durée choisie, on utilisera successivement le tableau III pour les différentes périodes et les différents taux. C'est en ce sens qu'ont été maintenues des valeurs de durées de service inférieures à 20 ans dans ce tableau.

TABLEAU II – Coefficient pondérateur B dû à la canalisation des charges

	Coefficient de canalisation B
Largeur utile de voie > 3 m marquage non compris	1,60
Largeur utile de voie ≤ 3 m marquage non compris	1,90

TABLEAU III - Valeurs du facteur de cumul C.

Taux de croissance annuel (%) \ Durée de service (ans)	5	10	15	20	25	30
0	5	10	15	20	25	30
4	5,4	12	20	29,8	41,6	56,1
7	5,8	13,8	25,1	41	63,2	94,5
10	6,1	15,9	31,8	57,3	98,3	164,5

PLATE-FORME SUPPORT DE CHAUSSÉE

I. - PRÉAMBULE

Ce chapitre se réfère largement aux éléments figurant dans le manuel de conception des chaussées neuves à faible trafic (SETRA-LCPC 1981) moyennant certaines précisions adpatées à ce type de projet, en particulier en ce qui concerne les purges.

1.1. On distingue depuis l'étude du projet jusqu'à la réalisation des travaux :

- les voies nouvelles, créées en général en site peu ou pas encore urbanisé,
- et les voies urbaines à reconstruire pour lesquelles on rencontrera des difficultés plus nombreuses pour la reconnaissance des sols en raison des gênes diverses qui peuvent entraver la réalisation des travaux : exiguïté des emprises et présence des émergences, permanence à assurer du trafic et des accès des constructions riveraines.

Les instructions contenues dans ce chapitre sont à adapter aux contraintes imposées par l'un ou l'autre cas de figure.

1.2. Le cas des chaussées urbaines se caractérise par la présence de nombreux réseaux enterrés. **La construction d'une voie réservée aux T.C. pourra être l'occasion d'effectuer une remise en état de ces réseaux** : le remblaiement des tranchées ne devra pas être improvisé, mais traité comme une véritable technique routière.

1.3. Les chaussées reposent sur la plate-forme support de chaussée, constituée du sol terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme ou d'une couche de réglage.

Dans ce Manuel, l'expression « plate-forme support de chaussée » sera condensée dans le mot « plate-forme ».

1.4. La plate-forme est caractérisée par son état de portance à long terme, c'est-à-dire sous la chaussée en service.

La portance du support de la chaussée dépend du sol et des améliorations qui peuvent lui être apportées

TABLEAU IV - Échelle de portance

Portance (P)	Caractéristiques
0	SOLS TRÈS DÉFORMABLES • Il s'agit très fréquemment de sols fins argileux saturés et à faible densité sèche en place, éventuellement de sols spéciaux (tourbes par exemple). • Ces sols sont incompactables et toute circulation de chantier y est impossible.
1	SOLS DÉFORMABLES • Ce sont généralement les sols classés **A, B** ou **C** à teneur en eau élevée. • De faibles variations de teneurs en eau peuvent néanmoins leur conférer des qualités de portance assez différentes, d'où la distinction entre 1 et 2. • Ces sols sont de réglage difficile et peuvent être sujets au matelassage.
2	
3	SOLS PEU DÉFORMABLES • Il s'agit le plus souvent de sols fins ou de matériaux graveleux à forte proportion de fines (**A, B** ou **C**) dont la teneur en eau varie de moyenne à faible.
4	SOLS TRÈS PEU DÉFORMABLES • Il s'agit généralement des matériaux insensibles à l'eau (**D** essentiellement).

Des matériaux exceptionnels possédant les qualités d'une couche de fondation ont une portance P égale à 5 (sols très peu déformables). Une couche de forme traitée aux liants hydrauliques d'épaisseur suffisante peut aussi permettre de conférer au support une portance égale à 5.

TABLEAU V - Définition des classes : caractères généraux

Classe	Dénomination	Critères caractéristiques	Exemples	Commentaires
A	Sols fins.	Diamètre des plus gros éléments < 50 mm. Tamisat à 80 µm > 35 %	Silts, limons, argiles, etc.	Tous les sols des classes A, B et C, même non plastiques (silts, sables très fins) sont sensibles à l'eau, cette sensibilité étant considérée dans l'optique de l'exécution des terrassements (traficabilité, compactage) et du comportement des plates-formes. La différence entre les classes A et B est dans le pourcentage de fines, d'où des différences de sensibilité à l'eau (plus ou moins long temps de réponse aux variations des conditions météorologiques) et de comportement mécanique (frottement, cohésion). La différence principale entre les classes B et C concerne les gros éléments : présence de cailloux et de blocs dans les sols de la classe C, d'où : — emploi possible ou non selon la classe de certains outils de terrassement, — difficulté, pour les sols C, de réglage des plates-formes, d'exécution des tranchées...
B	Sols sableux ou graveleux avec fines.	Diamètre des plus gros éléments < 50 mm. Tamisat à 80 µm entre 5 et 35 %.	Sables et graves argileux, etc.	
C	Sols comportant des fines et des gros éléments.	Diamètre des plus gros éléments > 50 mm. Tamisat à 80 µm > 5 %.	Argiles à silex alluvions grossières, etc.	
D	Sols et roches insensibles à l'eau.	Tamisat à 80 µm < 5 %.	Sables et graves propres, matériaux rocheux sains, etc.	L'insensibilité à l'eau est considérée dans l'optique de l'exécution des terrassements : effet négligeable des conditions météorologiques sur la qualité des ouvrages réalisés.
E	Roches évolutives.	Fragilité et altérabilité définies par des essais dépendant de la nature des matériaux.	Craies, schistes, etc.	Matériaux évoluant pendant les travaux ou par la suite vers un sol sensible à l'eau ou vers une structure différente pouvant entraîner des tassements.
F	Matériaux putrescibles, combustibles, solubles ou polluants.	Critères caractéristiques dépendant de la nature des matériaux.	Tourbe, schistes houillers, gypse, résidus industriels polluants, etc.	Lorsqu'ils sont utilisables, ces matériaux doivent l'être dans les conditions applicables à la classe A, B, C ou E à laquelle ils se rattachent d'après leurs caractéristiques granulométriques ou éventuellement leur caractère de roche évolutive.

par un traitement adapté (chaux, ciment) hors agglomération, ou l'apport d'une couche de forme.
La couche de forme joue, suivant les cas, un ou plusieurs rôles :

- réglage convenable des couches de chaussée,
- amélioration de la portance,
- protection des sols contre les intempéries,
- homogénéisation de la portance du support qui permet donc de concevoir des chaussées d'épaisseurs constantes,
- protection thermique des sols.

La portance des sols est appréciée à partir des résultats de la reconnaissance géotechnique.
La portance des plates-formes est ensuite déterminée en tenant compte des améliorations projetées (assainissement, traitement, apport d'une couche de forme, purges).

1.5. Le paragraphe IV fournit des indications sur les améliorations de portance nécessaires pour réaliser les chaussées dans de bonnes conditions ainsi que les différents moyens de vérification de la qualité de la plate-forme.

TABLEAU VI - Définition des sous-classes

Sols fins. **A**	D < 50 mm Tamisat à 80 µm > 35 %	$I_p < 10$			A_1
		$10 < I_p < 20$			A_2
		$20 < I_p < 50$			A_3
		$I_p > 50$			A_4
Sols sableux et graveleux avec fines. **B**	D < 50 mm Tamisat à 80 µm entre 5 et 35 %	Tamisat à 80 µm de 5 à 12 %	Refus à 2 mm inférieur à 30 %	ES > 35	B_1
				ES < 35	B_2
			Refus à 2 mm supérieur à 30 %	ES > 25	B_3
				ES < 25	B_4
		Tamisat à 80 µm de 12 à 35 %	$I_p < 10$		B_5
			$I_p > 10$		B_6
Sols comportant des fines et des gros éléments. **C**	D > 50 mm Tamisat à 80 µm > 5 %	Tamisat à 80 µm élevé			C_1
		Tamisat à 80 µm faible	D < 250 mm		C_2
			D > 250 mm		C_3
Sols et roches insensibles à l'eau. **D**	Tamisat à 80 µm < 5 %	D < 50 mm	Refus à 2 mm inférieur à 30 %		D_1
			Refus à 2 mm supérieur à 30 %		D_2
		50 mm < D < 250 mm			D_3
		D > 250 mm			D_4
Roches évolutives. **E**	Matériaux à structure fine, fragile avec peu ou pas d'argile.	NON CONSIDERES DANS CE DOCUMENT			E_1
	Matériaux à structure grossière, fragile avec peu ou pas d'argile.				E_2
	Matériaux évolutifs argileux.				E_3
Matériaux putrescibles, combustibles, solubles ou polluants. **F**					F

II. - PORTANCE DES SOLS.

2.1. Échelle de portance.

Pour classer les sols en fonction de leur portance, on utilise l'échelle définie par le tableau IV ; cette classification sera ensuite également utilisée pour les plates-formes.
Les différentes classes sont dans un premier temps définies de façon qualitative ; on indiquera plus loin des critères quantitatifs adaptés aux différents types de sols.

2.2. Détermination de la portance des sols.

L'identification des sols se fait à partir des sondages dont la fréquence dépend de la complexité du site, et des possibilités pratiques d'intervention dans les cas des chaussées existantes à reconstruire.
Le sol doit être considéré sur une épaisseur de 0,80 m au moins sous le niveau des terrassements. Sous les voies urbaines à reconstruire, les sols supports seront en général constitués de remblais hétérogènes. Par suite de mauvaise imperméabilisation du revêtement ou de fuites d'eau des réseaux enterrés, les teneurs en eau pourront y être élevées et rapidement variables d'un point à un autre : les sondages de reconnaissance ne seront donc pas suffisants pour garantir une portance donnée de la plate-forme : une vérification de la portance réelle du support au moment des travaux sera nécessaire (cf. § 4.2).
Les sols mis en évidence par les sondages sont regroupés en familles de sols qui doivent présenter un comportement comparable en fonction des variations de teneur en eau.
Le regroupement des sols en familles s'effectue dans ce Manuel en utilisant la classification proposée par la Recommandation pour les terrassements routiers (SETRA-LCPC, 1976) qui est présentée dans les tableaux V et VI.

2.2.1. Plage vraisemblable de la portance des sols.

L'identification géotechnique permet de différencier les sols suivant leur sensibilité à l'eau. Elle n'est pas toujours suffisante pour attribuer un niveau de portance.
On a indiqué dans le tableau VII les plages de portance auxquelles conduit l'identification. En l'absence d'études plus fines, on retient la valeur inférieure de la plage.

2.2.2. Cas des sols sensibles à l'eau.

Dans le cas des sols sensibles à l'eau, il convient de préciser le niveau de portance à partir d'essais faisant intervenir la teneur en eau.

Différentes approches sont possibles selon le niveau des études, lequel doit être adapté à la connaissance du site et à la taille du chantier.

a) L'utilisation des résultats d'études antérieures, effectuées sur des sols de la même famille, peut parfois suffire à préciser la portance.

b) Dans les autres cas, il faut étudier la variation de la portance en fonction de la teneur en eau (étude proctor, poinçonnement CBR), faire des hypothèses sur cette teneur en eau et déterminer une valeur caractéristique du CBR. On se ramène alors à l'échelle de portance en utilisant le tableau VIII.

En l'absence de renseignements sur la teneur en eau d'équilibre à long terme, on pourra supposer que le sol à sa teneur en eau de plasticité et retenir la valeur du poinçonnement CBR (sans imbibition) à une densité égale à 95 % de la densité à l'OPN (γ_{OPN}) et à une teneur en eau égale à sa limite de plasticité (w_p).

La densité de 95 % de γ_{OPN} a été choisie car elle constitue la valeur de référence fréquemment visée sur les chantiers : d'autres références sont utilisables et notamment celles faisant appel à l'essai proctor modifié.

TABLEAU VII - Plage de portance des sols

Classification géotechnique du sol	Plage de portance	Commentaires Etudes permettant d'affiner le niveau de portance
A_1, A_2, A_3 B_5, B_6, C_1	0 - 3	Sols sensibles ou très sensibles à l'eau.
B_2, B_4	1 - 3	Il est conseillé de s'appuyer sur une étude protor-CBR (cf. § 2.2.2.).
A_4	1 - 2	Sols très plastiques.
B_1, D_1	1 - 4	Niveau de portance en général égal à 3 si le degré de saturation est inférieur à 50%. Niveau de portance égal à 0 si le sol baigne dans la nappe.
B_3, D_2, D_3, D_4	3 - 4	Niveau 4 si EV_2 > 120 MPa.
C_2, C_3	1 - 3	Sols se prêtant mal aux mesures; la portance dépend des contacts possibles entre gros éléments.

* Essai à la plaque, LCPC.

TABLEAU VIII - Portance des sols sensibles à l'eau

Portance	CBR immédiat
0	CBR < 3
1	3 < CBR < 6
2	6 < CBR < 10
3	10 < CBR < 20
4	20 < CBR

III. - DÉTERMINATION DE LA PORTANCE DES PLATES-FORMES EN VUE DU DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSÉE.

La portance des plates-formes est fonction de la portance du sol et des améliorations susceptibles d'avoir un effet à long terme : couche de forme ou purge du sol.

3.1. Couches de forme.

Le choix de la couche de forme se fait essentiellement en fonction des impératifs de chantier : on donnera au paragraphe IV quelques indications permettant de guider ces choix.
Le tableau IX permet d'apprécier l'effet d'une couche de forme sur la portance de la plate-forme à long terme.

Si la couche de forme est constituée de matériaux non traités, la portance à long terme ne peut pas dépasser la portance du matériau utilisé en couche de forme.

3.2. Purges.

Dans le cas des chaussées urbaines à reconstruire, la recherche d'une amélioration de la portance de la plate-forme conduira à réaliser des purges du sol : selon la profondeur de celles-ci, le gain de portance obtenu est indiqué par le tableau IX.
La délimitation des purges et le choix de leur profondeur découleront des essais de réception présentés au paragraphe IV.

TABLEAU IX - Portance des plates-formes

Nature et épaisseur de la couche de forme ou profondeur de la purge	Gain en portance à long terme
Couche de réglage	Néant
Couche de forme d'épaisseur : • supérieure à 20 cm : matériaux traités au ciment (*) • supérieure à 30 cm : matériaux non traités ou matériaux traités à la chaux (*) Purge profondeur 30 à 50 cm	+ 1
Couche de forme d'épaisseur : • supérieure à 35 cm : matériaux traités au ciment (*) • supérieure à 50 cm : matériaux non traités ou matériaux traités à la chaux (*) Purge profondeur 50 cm	+ 2

Nota : (*) les traitements en place au ciment ou à la chaux ne sont envisageables qu'en site péri-urbain.

IV. - RÉALISATION DU CHANTIER.

4.1. Choix de la couche de forme. Estimation des purges.

On a indiqué au paragraphe III comment tenir compte de la présence de la couche de forme ou de l'exécution des purges dans la détermination de la portance de la plate-forme. Mais le choix de cette couche de forme doit être fait avant tout en fonction des impératifs de réalisation du chantier. On rappelle que sur des sols de faible portance, le recours à une couche de forme ou le remplacement par un matériau de portance plus élevée est nécessaire pour permettre de réaliser des couches de chaussée dans des conditions acceptables.
Sans proposer dans ce Manuel une méthode de dimensionnement des couches de forme ou des purges, on donne (tableau X) quelques indications sur les choix possibles en fonction de la portance des sols lors de l'exécution du chantier. Pour les purges ce sont des épaisseurs indicatives qui seront modulées au moment de la réalisation en fonction des conditions particulières du chantier.
On distinguera par la suite :

Un géotextile peut contribuer à l'amélioration de la portance en évitant la contamination d'une couche de forme non traitée ; il contribue dans certains cas à faciliter l'exécution des travaux.
Le tableau X donne en fonction de la portance estimée du sol au moment des travaux le type de couche de forme à retenir au projet, ou l'importance des purges à prévoir.
Cette portance des sols dépend des conditions climatiques qui ont précédé le chantier. Au stade du projet on devra prévoir l'épaisseur nécessaire de couche de forme à partir d'hypothèses raisonnables sur la pé-

les couches de forme				les purges	
	matériaux non traités	matériaux traités à la chaux	matériaux traités au ciment		matériaux non traités
épaisses	> 80 cm	> 60 cm	> 40 cm	profondes	> 80 cm
moyennes	40 à 80 cm	30 à 60 cm	20 à 40 cm	moyennes	40 à 80 cm
minces	20 à 40 cm	20 à 30 cm		peu profondes	20 à 40 cm

riode d'exécution du chantier et sur les conditions d'exécution (trafic de chantier, drainage préalable), ce qui conduira le plus souvent à se placer dans des conditions défavorables.
Pour les chaussées urbaines à reconstruire, on prévoira aussi des conditions défavorables d'exécution car les travaux seront effectués en décaissement (absence de drainage).
On pourra estimer la portance des sols à partir des résultats de l'essai proctor-CBR.
L'approche pourra en particulier consister :
– à réaliser l'essai à la teneur en eau constatée sur les sondages (teneur en eau naturelle),
– à corriger le résultat obtenu P pour tenir compte de la représentativité de cette teneur en eau, conformément au tableau XI.

4.2. Vérification au moment des travaux.

Le maître d'œuvre vérifie au moment de l'exécution des travaux les hypothèses retenues lors de l'établissement des projets :
– identification des sols (nature et état),
– degré de saturation,
– portance à la réalisation du chantier.
L'exécution des couches de chaussée nécessite que la portance de la plate-forme soit adaptée à la technique de chaussée choisie ; il est nécessaire de vérifier avant la mise en œuvre des couches de chaussée la portance à court terme réellement disponible : cette vérification sera d'autant plus justifiée lorsque les reconnaissances de sol préalables auront été sommaires, voire inexistantes (cas des chaussées urbaines à reconstruire).
Suivant l'importance du chantier et la nature du matériau de la plate-forme, on pourra utiliser des techniques données dans le tableau XII.

TABLEAU X - Choix de la couche de forme - Estimation des purges.

Portance du sol présumée au moment des travaux	Couche de forme ou purge pour chaussée en grave hydraulique	Couche de forme ou purge dans les autres cas
0	épaisse/profonde	moyenne
1	moyenne	mince/peu profonde
2	mince/peu profonde	néant
3	néant	néant

TABLEAU XI - Portance des sols au moment des travaux

Type de sol	Sondage non représentatif (effectué en période favorable)	Sondage représentatif (effectué en période défavorable)
Peu sensible ou peu sujet aux variations de la teneur en eau A_3, A_4, C_1	P - 1	P
Sensible ou sujet aux variations de la teneur en eau A_1, A_2, B_2, B_4, B_5, B_6	P - 2	P

TABLEAU XII – Critères de réception de la plate-forme à la réalisation du chantier

		Niveau de la portance de la plate-forme	
		2	3
technique de réception	Restitution dynaplaque R	0,45 à 0,50	> 0,50
	Module à la plaque EV2	40 à 50 MPa	> 50 MPa
	Déflexion (Benkelman ou déflectographe	200 à 250/100 mm	< 200/100 mm
		Niveau minimal requis pour une chaussée sans graves hydrauliques	**Niveau minimal** requis pour une chaussée en graves traités (GH)

Ces critères ne sont pas nécessairement équivalents : ils ne sont donnés qu'à titre indicatif.

DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES

I. - INTRODUCTION.

Le dimensionnement des structures s'effectue en deux temps :

1) choix de la nature de la couche de roulement (cf. chapitre 1) ;

2) dimensionnement de la structure de chaussée (épaisseurs des couches de roulement, base et fondation).

Le présent chapitre propose un calcul de dimensionnement à partir des couches de roulement en béton bitumineux, en béton de ciment et en pavés, conduisant aux structures suivantes :

- BB/GB/GNT et BB/GB/GH
- BB/GH (en une ou deux couches)
- BC ou BC/GH
- Pavés/BC

Des informations sont données par ailleurs en ce qui concerne l'utilisation des enrobés spéciaux, de l'asphalte coulé, des bétons bitumineux percolés en remplacement des bétons bitumineux au bitume pur.

Le dimensionnement des structures s'effectue par la lecture d'abaques à partir des paramètres définis aux chapitres 2 et 3.

● Le trafic est caractérisé par la **valeur N du trafic cumulé prévisible** sur une durée choisie (cf. chapire 2).

Les abaques de dimensionnement ont été déterminés pour la plage $10^4 \leqslant N \leqslant 10^7$ essieux de dimensionnement.

● La plate-forme support de chaussée est caractérisée par son état de **portance à long terme**, c'est-à-dire sous la chaussée en service (cf. chapitre 3).

L'ensemble des structures ainsi calculées doit ensuite faire l'objet d'une vérification au gel (cf. annexe 1).

Par ailleurs deux hypothèses supplémentaires ont dû être formulées :

● On a admis que les matériaux employés pour construire les voies destinées aux T.C. sont de qualité inférieure à celle obtenue sur la route du fait des contraintes particulières imposées en milieu urbain : ces contraintes ne permettent pas d'assurer des conditions de fabrication, de mise en œuvre et de compactage aussi satisfaisantes.

Les abaques tiennent compte d'une minoration de 20 % des performances mécaniques des matériaux d'assise : graves traitées aux liants hydrauliques ou hydrocarbonés.

● Le caractère aléatoire du dimensionnement d'une chaussée peut être traduit sous forme de risque : ainsi, un risque de R % représente le pourcentage de chaussée dégradée au bout de la durée de vie choisie.

Les abaques ont été déterminés pour les valeurs R = 5 % et R = 20 %.

Le choix de la valeur du risque à prendre en compte dépend :

- **de la stratégie du dimensionnement,**
- **de la valeur du trafic,**
- **du site (centre ville ou péri-urbain).**

A titre d'exemple, pour un projet situé en centre-ville (ce qui sous-entend trafic élevé et choix d'une durée de service longue), pour lequel le Service Gestionnaire ne souhaite pas effectuer d'entretien structurel pendant la durée de service choisie, la valeur du risque sera prise égale à 5 %.

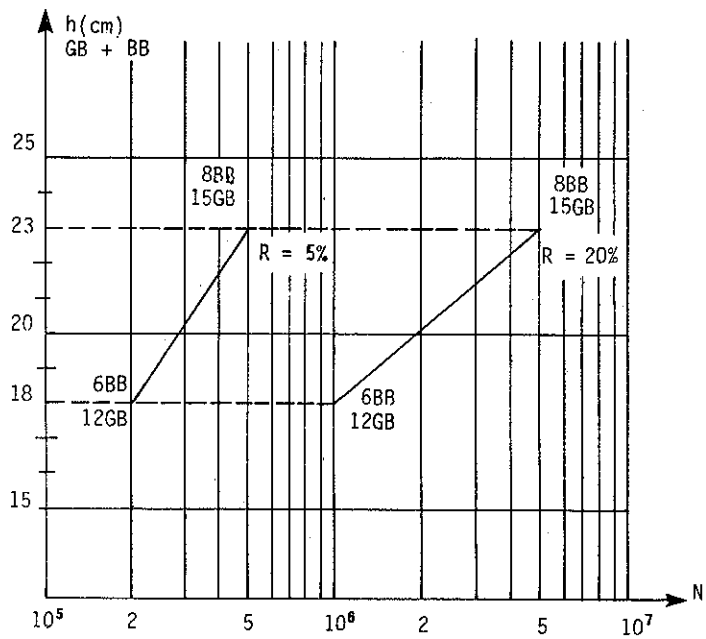
II. - STRUCTURE SOUPLE BB/GB/GNT.

2.1. Les matériaux.

Les caractéristiques de la grave bitume et du béton bitumineux prises en compte sont celles conformes aux Directives SETRA-LCPC.

Les critères de caractérisation (catégories GNT 1, GNT 2 et GNT 3) et de classement des graves non traitées sont établis par rapport à l'Instruction provisoire relative aux granulats routiers et à la Recommandation SETRA-LCPC pour la réalisation des assises de chaussées en graves non traitées (mai 1974) et à son complément (décembre 1980).

Figure 1 : Détermination de l'épaisseur GB + BB



Abaques des figures 1 et 2 à inverser.
§.2.2. Lire Δh au lieu de h. Voir définition de Δh au §.3.2.

2.2. Le dimensionnement.

● **Dimensionnement de la couche de fondation en grave non traitée.**

Portance du support	1	2	3	4
Épaisseur (cm) fondation GNT 1	55	40	20	0

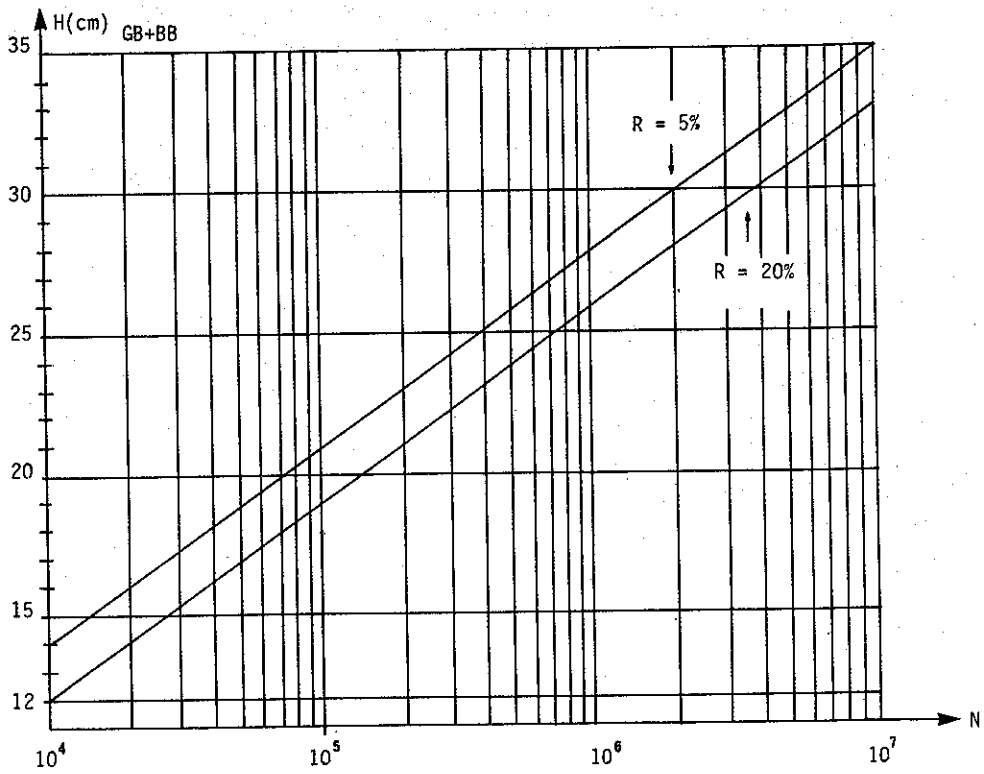
Mise en œuvre conseillée en 2 couches.
Si la 1re couche de fondation est en GNT 2, h = 6 cm pour P1 et h = 5 cm pour P2.
Si la 1re couche de fondation est en GNT 3, h = 14 cm pour P1 et h = 12 cm pour P2.

● **Dimensionnement des matériaux bitumineux.**
L'épaisseur totale GB + BB est fournie par l'abaque (figure 1)

● **Dimensionnement de la couche de roulement.**
A titre indicatif, l'épaisseur de la couche de roulement sera comprise entre 6 et 8 cm pour $N \geqslant 10^6$ et entre 4 et 6 cm pour $N < 10^6$.
Nous attirons l'attention des projeteurs que l'utilisation d'un béton bitumineux spécial en couche de roulement ne peut pas faire diminuer l'épaisseur totale des matériaux bitumineux.

A titre indicatif, nous donnons l'abaque de dimensionnement (figure 2) donnant l'épaisseur totale GB + BB en fonction du trafic cumulé pour une couche de fondation de 22 cm en grave hydraulique de classe 2 et une plate-forme support de chaussée de classe P3.
Pour les faibles trafics cumulés, le projeteur se reportera aux abaques relatifs à la structure BB/GH, et pour des trafics plus élevés on s'orientera vers une structure de type différent.

Figure 2 : Détermination de l'épaisseur de GB sur GH



III. - STRUCTURES SEMI-RIGIDES ET RIGIDES BB/GH ; BC ; BC/GH.

3.1. Les matériaux.

● Le classement des matériaux traités aux liants hydrauliques est établi par référence aux prescriptions des Directives et Recommandations SETRA-LCPC. Ces matériaux doivent

TABLEAU XIII – Classe de résistances des bétons de ciment (BC)

Résistance moyenne en flexion à 28 j (Rf)	Classe de résistance
Rf < 3,5 MPa	cf. figure 3 (GH) avec Rt = 0,6 Rf y compris pour le choix de la couche de roulement
3,5 < Rf < 5 MPa	2
5 MPa > Rf	1

posséder des caractéristiques suffisantes pour être stables lors de la construction de la chaussée et durant la période de prise ; ils doivent aussi permettre l'accrochage de la couche de roulement.
Ces matériaux sont sériés en trois classes de résistance ; ces classes sont liées à la résistance à la traction par flexion Rf pour les bétons de ciment et au couple (résistance en traction directe Rt, module de déformation E) pour les autres matériaux. (Tableau XIII - Figure 3).
Les caractéristiques du béton bitumineux prises en compte sont celles définies par la Directive SETRA-LCPC.

3.2. Le dimensionnement.

● **Le dimensionnement de l'assise** est effectué à partir :
– du trafic cumulé N,
– de la portance de la plate-forme à long terme P,
– de la résistance du matériau.
L'épaisseur totale de l'assise est déterminée sur les abaques (Fig. 4.5.6) en ajoutant éventuellement un terme correcteur Δh qui est fonction de la portance à long terme de la plate-forme.
Si l'épaisseur trouvée est trop importante pour être mise en œuvre en une seule couche, l'assise est réalisée en deux couches ; on ajoute alors trois centimètres à l'épaisseur totale de l'assise. Le découpage en deux couches est effectué en donnant à la couche de base une épaisseur supérieure à celle de la couche de fondation.
En aucun cas l'épaisseur d'une couche ne pourra être inférieure aux valeurs indiquées dans le tableau XIV.

TABLEAU XIV – Épaisseurs minimales des matériaux traités aux liants hydrauliques

Matériaux de classe de résistance	Épaisseurs minimales
1 - 2	15 cm
3	20 cm

Figure 3 : Classes de résistances des autres matériaux traités aux liants hydrauliques : (GH)

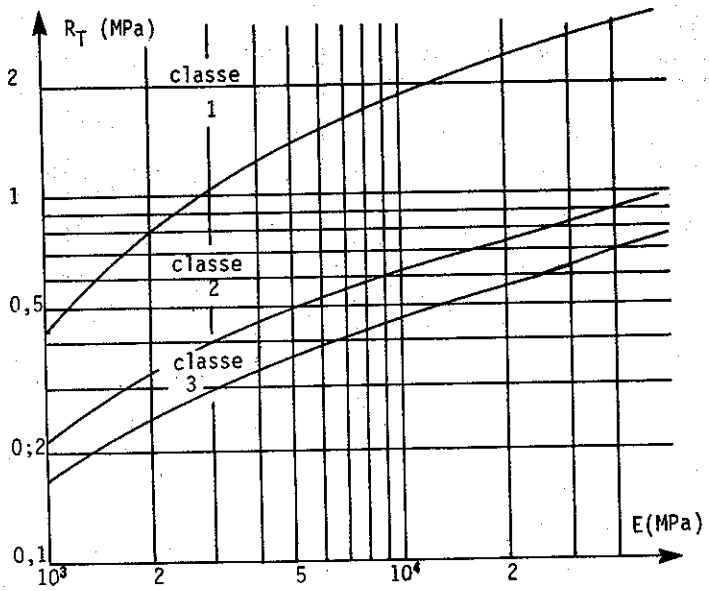
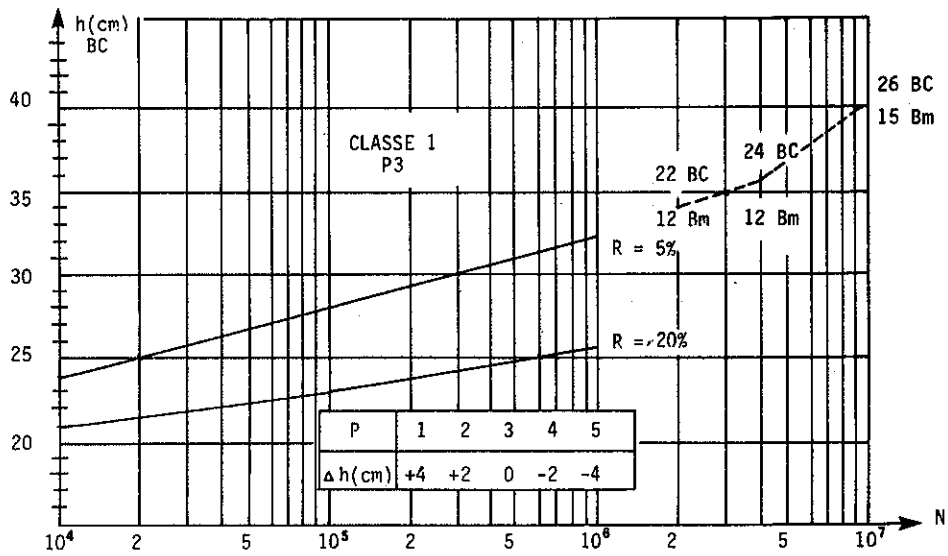


Figure 4 : Détermination de l'épaisseur de l'assise traitée. classe de résistance 1



Abaques pour la détermination de l'épaisseur de l'assise traitée : figures 4, 5 et 6.

● **Pour le dimensionnement de la couche de roulement,** dans le cas d'assises de classes 2 et 3, nous conseillons un tapis de béton bitumineux d'épaisseur :

– 6 à 8 cm pour 10^6 N < 10^7
– 6 cm pour 10^5 N < 10^6
– 4 à 6 cm pour 10^4 N < 10^5

La couche de roulement peut être réalisée en asphalte coulé, en enrobé spécial ou en enrobé percolé en remplacement du béton bitumineux ou bitume pur, si ces produits répondent mieux aux objectifs exprimés par le gestionnaire. Le dimensionnement de la couche de roulement devra alors faire l'objet d'une étude particulière.

IV. - STRUCTURE PAVÉ DE BÉTON

Une méthode générale de dimensionnement des chaussées pavées est en cours d'études ; d'ores et déjà il est proposé pour le cas des voies réservées aux transports en commun de ne mettre en œuvre que des fondations de type rigide.

La prise en compte de la répartition des charges induites par la géométrie des pavés généralement utilisés pour les couloirs bus (épaisseur comprise entre 8 et 15 cm), et d'un coefficient de surcharge dynamique pris arbitrairement égal à 1,20, conduit à utiliser l'abaque figurant au paragraphe 3.2 (matériau de classe 1) pour la détermination de l'épaisseur de l'assise en béton de ciment, la valeur N étant celle issue du chapitre 2 (trafic).

Le lit de pose en sable aura une épaisseur de l'ordre de 3 cm.

Les caractéristiques physiques et mécaniques, d'aspect et de structure ainsi que les tolérances dimensionnelles des pavés, font l'objet de la norme NF P 98-303.

Figure 5 : Détermination de l'épaisseur de l'assise traitée - classe de résistance 2

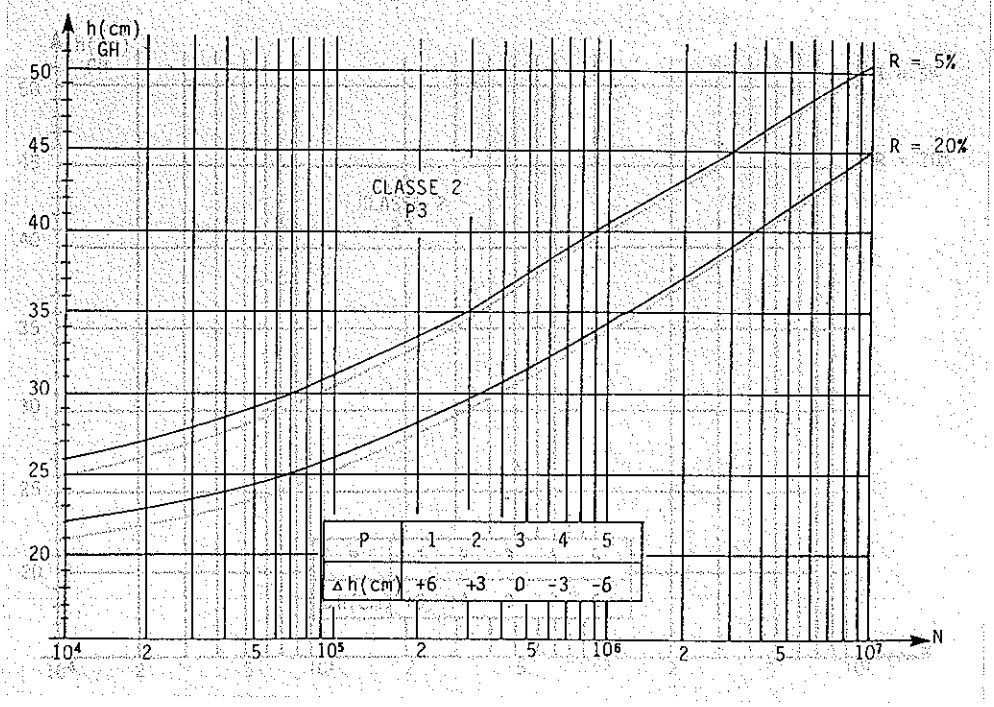
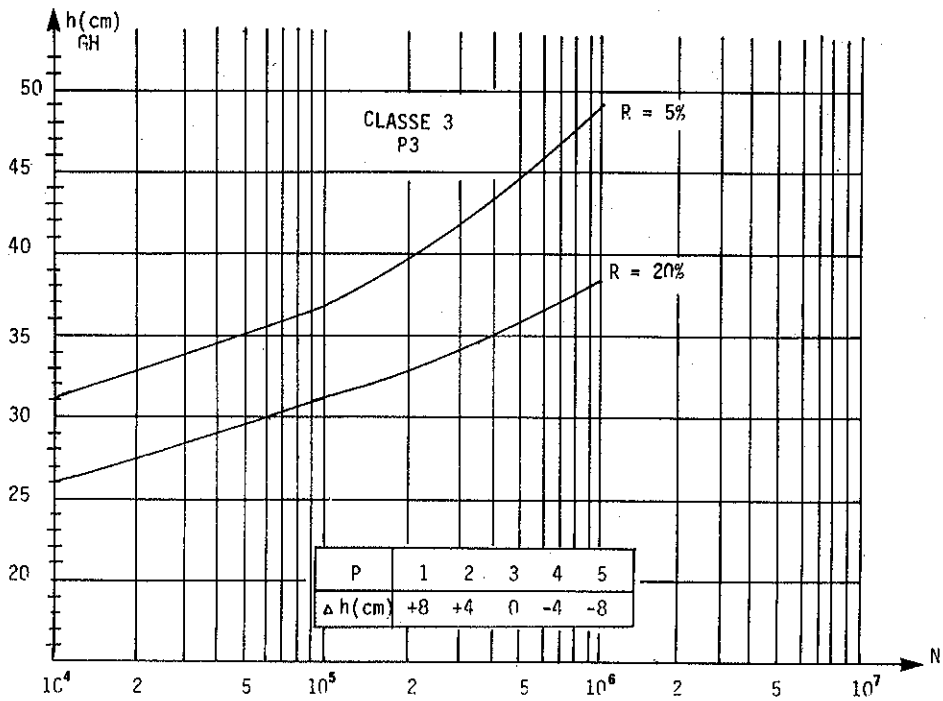


Figure 6 : Détermination de l'épaisseur de l'assise traitée - classe de résistance 3



EXEMPLE D'UTILISATION

I. - ÉNONCÉ DU PROBLÈME.

Le plan de circulation du centre de la ville a conduit, il y a 5 ans, à l'établissement de 3 km de voies à sens unique avec aménagement de couloirs réservés aux T.C. (taxis et véhicules prioritaires autorisés).

Le couloir de la rue Ernest-Renan est dans le sens de la circulation générale (largeur de voie : 3,10 m, marquage non compris). Sa chaussée a un revêtement béton, recouvert d'une couche d'enrobés de faible épaisseur. L'épaisseur « béton + enrobés » est en moyenne de l'ordre de 25 cm ; la fondation est constituée d'une couche de machefer d'épaisseur variable : 15 à 30 cm (matériau pollué par un sol support argileux) ; le sol en place est constitué d'argile et de grave argileuse. Les sondages de reconnaissance (exécutés en période hivernale) ont permis de constater une teneur en eau modérée conduisant à des valeurs d'indice CBR de 5 à 15.

Cette chaussée béton s'est fracturée en multiples dallots qui bougent sous l'effet de la circulation.

Compte tenu :

- du phénomène décrit ci-dessus,
- de la hauteur des trottoirs déterminant l'épaisseur maximum du renforcement,
- de la nature du substratum (argile – grave argileuse),

il a été décidé la dépose de la chaussée béton et la reconstitution d'un corps de chaussée adapté, l'épaisseur disponible pouvant être fixée à 50 cm. Cette valeur est un maximum compte tenu de la présence de réseaux enterrés.

Le maître d'œuvre souhaite que soient pris en compte les points suivants :

- pas de nouvelle intervention sur le corps de la chaussée avant au moins 15 ans ;
- améliorer la différenciation de la chaussée du couloir avec celle de la chaussée adjacente (enrobés) ;
- améliorer l'adhérence, du fait de la présence de passages piétons ;
- bonne résistance aux sollicitations, notamment au niveau des arrêts pour un TRAFIC de (moyennes journalières et annuelles) :

– 500 passages de véhicules de type PR. 100 ;

– 100 passages de véhicules de type PR. 180 et pas d'évolution prévue du réseau avant 5 ans) ;

- possibilité d'intervenir sous la chaussée.

Plusieurs variantes doivent être proposées ; pour arrêter son choix, le Maître d'Œuvre prendra en considération le critère économique (coût d'investissement initial – coût d'entretien).

II. - RÉSOLUTION.

2.1. Choix de la couche de roulement.

Ce choix découle des différentes exigences présentées dans l'énoncé du problème, c'est-à-dire :

- une bonne différenciation par rapport à la chaussée, revêtue d'enrobés ;
- une bonne adhérence ;
- une tenue satisfaisante aux arrêts ;
- la possibilité d'intervenir sur les réseaux enterrés.

Le tableau XV fait correspondre à ces exigences les possibilités qu'offrent les différentes couches de roulement (tableau du chapitre 1) :

Les couches de roulement qui satisfont à l'ensemble des critères fixés sont donc les suivantes :

- les bétons bitumineux (colorés)
- les pavés en béton
- les dalles préfabriquées en béton.

2.2. Choix des structures.

A ce stade, on précise les types de structures qui sont envisageables compte tenu :

- du choix de la couche de roulement,
- et de critères complémentaires : dans le cas du problème posé, on doit écarter les structures comportant une grave non traitée pour tenir compte du décaissement maximum imposé, de l'ordre de 50 cm.

Les types de structures possibles sont donc les suivants :

- structure semi-rigide : BB/GH/GH
- structure mixte : BB/GB/GH
- pavés en béton sur fondation traitée
- dalles préfabriquées en béton sur fondation non traitée.

2.3. Détermination du trafic cumule N.

Les deux types de véhicules sont à distinguer car leurs caractéristiques de charge sont très différentes :

$$N = (\underbrace{T1.C1.A1}_{\text{autobus PR 100}} + \underbrace{T2.C2.A2}_{\text{autobus articulé PR 180}}) \ .B$$

N représente le trafic cumulé, exprimé en nombre d'essieux type (130 kN)

TABLEAU XV - Évaluation de la couche de roulement

	Différenciation	Adhérence	Comportement aux arrêts	Interventions sous chaussée
Béton bitumineux	+	+	+	+
Enrobé spécial	+	+	+	–
Enrobé percolé	+	+	+	–
Asphalte coulé	–	–	–	+
Béton de ciment	+	+	+	–
Pavés en béton	+	+	+	+
Dalles préfabriquées en béton	+	+	+	+
Pavés en pierre	+	–	+	+

+ : la couche de roulement répond à l'exigence du Maître d'Œuvre.
– : la couche de roulement ne répond pas à l'exigence du Maître d'Œuvre.

correspondant à la durée de vie souhaitée (15 ans).

T est le trafic cumulé de l'année de mise en service.
T1 = 500 x 365 = **182 500 autobus PR 100**
T2 = 100 x 365 = **36 500 autobus articulés PR 180**

C est le facteur de cumul, lié à la durée de service retenue (hypothèse 15 ans) et au taux de croissance annuelle du trafic (hypothèse : pas de croissance durant les 5 premières années) :

C1 = C2 = 5 + 12

taux 0 % durant 5 ans — taux 4 % durant 10 ans

C1 = C2 = 17

A est un facteur d'agressivité du trafic, dépendant du type de véhicule et du type de structure de la chaussée (tableau I du chapitre 2) :

		structure semi-rigide Chaussée pavée Dalles préfabriquées en béton	Structure mixte
A1	Autobus PR 100	0,15	0,29
A2	Autobus articulé PR 180	0,09	0,25

B est un facteur qui tient compte de l'effet de la canalisation du trafic. Pour une largeur utile de voie de 3,10 m, on a :

B = 1,60

(tableau II du chapitre 2)

L'ensemble des données précédentes conduit à évaluer deux valeurs de N :

N = 8,3. 10^5 essieux types	Structure semi-rigide BB/GH/GH Pavage en béton Dalles préfabriquées en béton
N = 1,7. 10^6 essieux types	Structure mixte BB/GB/GH

2.4. Plate-forme support de chaussée.

Le sol en place est constitué d'argile et de grave argileuse, dont la classification géotechnique est A3 - A4 - B5 - B6 ; les résultats d'essais CBR obtenus sur ces matériaux (CBR 5 à 15) permettent d'attribuer au sol support une portance de niveau 2 **(tableau VIII du chapitre 3).**
En vue du dimensionnement de la chaussée, on considèrera une **portance de la plate-forme** (portance à long terme) **égale à P2**, compte tenu de l'impossibilité de prévoir un traitement du sol en place ou la mise en œuvre d'une couche de forme **(tableau IX du chapitre 3).**
Au stade de la réalisation des travaux, on devra vérifier la portance réelle (portance à court terme), qui doit être de niveau P2 ou P3 (cf. critères de réception - **tableau XII du chapitre 3)** selon que la chaussée ne comporte pas ou comporte une assise en grave traitée aux liants hydrauliques.

2.5. Dimensionnement des structures de chaussée.

Le projet est situé en centre-ville ; la durée de vie souhaitée est d'au moins 15 ans : on retient une valeur faible de risque de rupture : R = 5 %.

2.5.1. Structure semi-rigide : BB/GH/GH.

N = 8,3 . 10^5
Plateforme P2

Épaisseur de l'assise :
L'épaisseur de l'assise, pour une grave hydraulique de bonne qualité (classe 2 - figure 5 du chapitre 4) est de :

h_{GH} = 40 cm (classe 2 - P3 - risque 5 %)

Pour une plate-forme P2, h = 3 cm, et compte tenu de la mise en œuvre nécessairement en deux couches (+ 3 cm), on a :

h_{GH} = 40 cm + 3 cm + 3 cm = 46 cm

soit en couche de base : h_{GH} = 26 cm
en couche de fondation g_{GH} = 20 cm
} paragraphe 3.2 du chapitre 4

Épaisseur de la couche de roulement.
Pour la valeur de N = 8,3 . 10^5, on retient une épaisseur de béton bitumineux de 6 cm (paragraphe 3.2 du chapitre 4).
L'objectif de différenciation visuelle du couloir peut être obtenu par l'emploi de granulats de teinte appropriée (granulats clairs, ou granulats rouges).
La structure aura donc la coupe suivante :

BB	6 cm
GH	26 cm
GH	20 cm
h totale = 52 cm	

2.5.2. Chaussée pavée de béton.
N = 8,3 . 10^5
plate-forme P2

Épaisseur de l'assise :
L'abaque de dimensionnement du paragraphe 3.2 du chapitre 4 (figure 4) conduit à retenir une assise (matériau de classe 1) de 32 cm (pour un risque de 5 % et une plate-forme P3).

Pour une plate-forme P2 : h = + 2 cm.
L'assise en béton de ciment aura une épaisseur égale à :
h = 32 + 2 = 34 cm.
La structure aura donc la coupe suivante :

pavés béton	
lit de sable	3 cm
béton (de classe 1)	34 cm
h totale variable entre 45 et 50 cm suivant l'épaisseur des pavés.	

2.5.3. Structure mixte : BB/GB/GH.
N = 1,7 . 10^6
Plate-forme P2
Risque 5 %

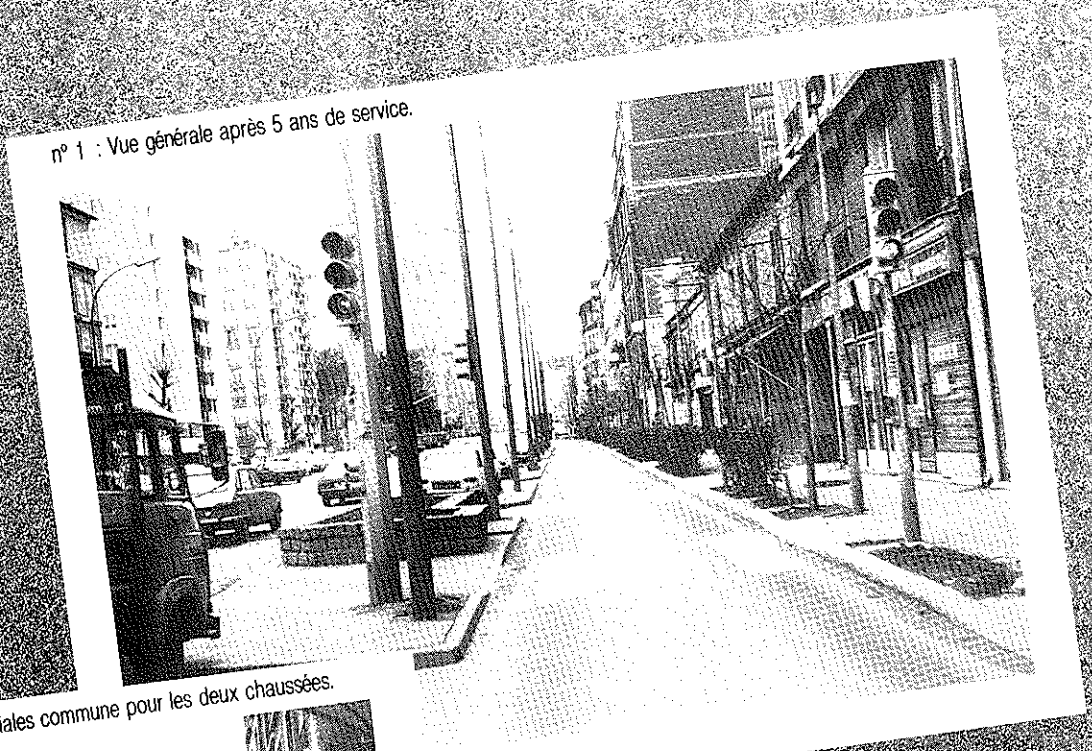
Pour ces hypothèses, l'abaque de dimensionnement du chapitre 4 (figure 2) ne fournit pas de solution : il faut s'orienter vers une structure de type différent.

2.5.4. Dalles préfabriquées en béton sur fondation non traitée.
Le dimensionnement de ce type de chaussée doit faire l'objet d'une étude particulière.
On pourra se reporter à la fiche de réalisation qui présente un cas concret d'une réalisation récente.

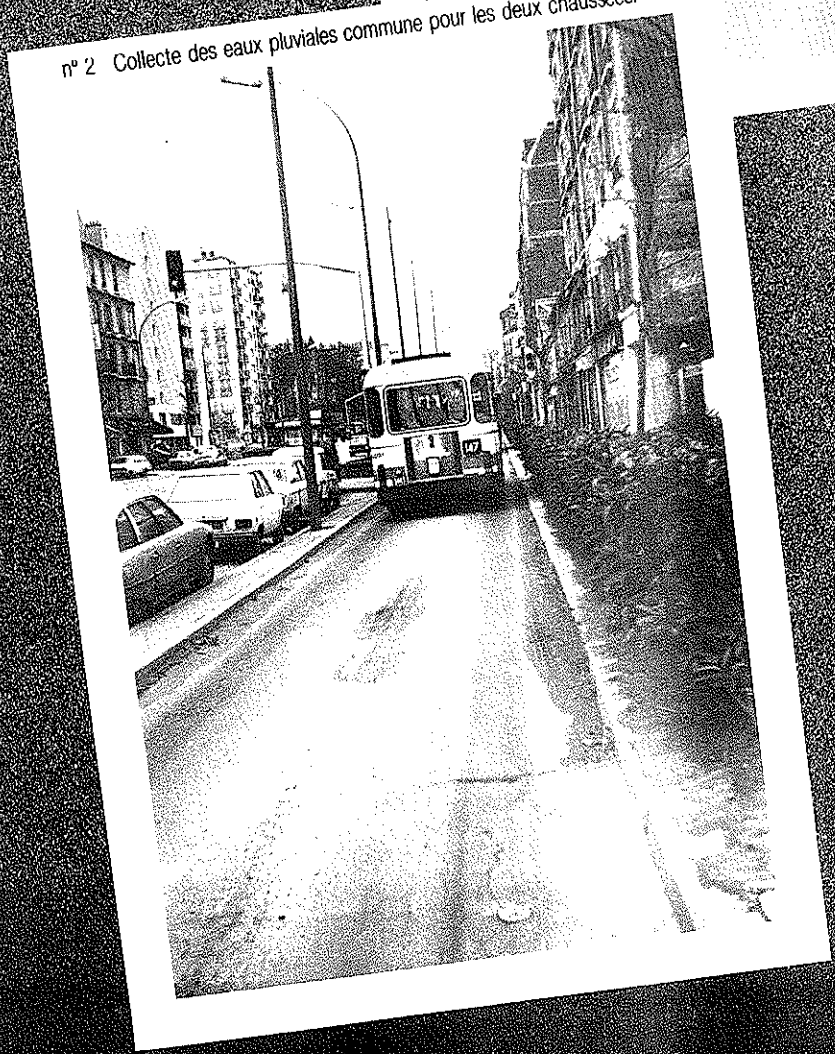
2.6. Vérification au gel.
Le projet étudié se classe dans la catégorie des chaussées urbaines sur lesquelles on ne préconise pas de vérification de la tenue au gel.

2.7. Commentaires.
Les deux types de chaussées proposées : BB/GH/GH, pavage en béton, – dont l'épaisseur totale est comprise en 45 et 52 cm – satisfont à la plupart des exigences du maître d'œuvre. Les dimensionnements indiqués doivent conduire à une durabilité satisfaisante des structures (sous réserve d'une mise en œuvre correcte des matériaux).
La différenciation visuelle de la voie par rapport à la chaussée est obtenue dans les deux cas.
Le niveau d'adhérence prévisible des deux techniques peut être considéré comme satisfaisant.
Sur le plan de la réparabilité du revêtement en cas d'interventions sous chaussée, il sera difficile dans le cas de la chaussée classique BB/GH/GH de réparer avec un enrobé de même teinte.
Pour ce qui est de la tenue au droit des arrêts, c'est la chaussée avec enrobés qui peut présenter éventuellement le plus de risque de fluage à terme, en cas de formulation non optimale du matériau.

COUCHE DE ROULEMENT



n° 1 : Vue générale après 5 ans de service.



n° 2 Collecte des eaux pluviales commune pour les deux chaussées.

BÉTON BITUMINEUX

COULOIR ÉTABLI EN « SITE PROPRE » LATÉRAL

LIEU

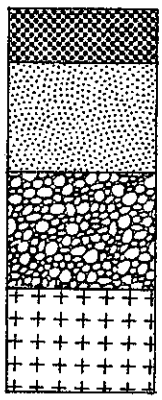
DÉPARTEMENT	Seine St-Denis
ROUTE	R.N. 3
COMMUNE	Pantin
LONGUEUR	600 m
TRAFIC BUS	720 bus/j
SILHOUETTE DES VÉHICULES	1a

DATE

ANNÉE DE RÉALISATION :	1976
DURÉE DES TRAVAUX :	4 mois
MISE EN ŒUVRE :	Novembre 1977

STRUCTURE RÉALISÉE

SECTION COURANTE ET ARRÊTS



Largeur : 3,25 m
Tracé : rectiligne
Dévers : 2 % vers la gauche
Assainissement : collecte des eaux pluviales assurée par le système de collecte déjà en place de la chaussée principale (photo n°.2)

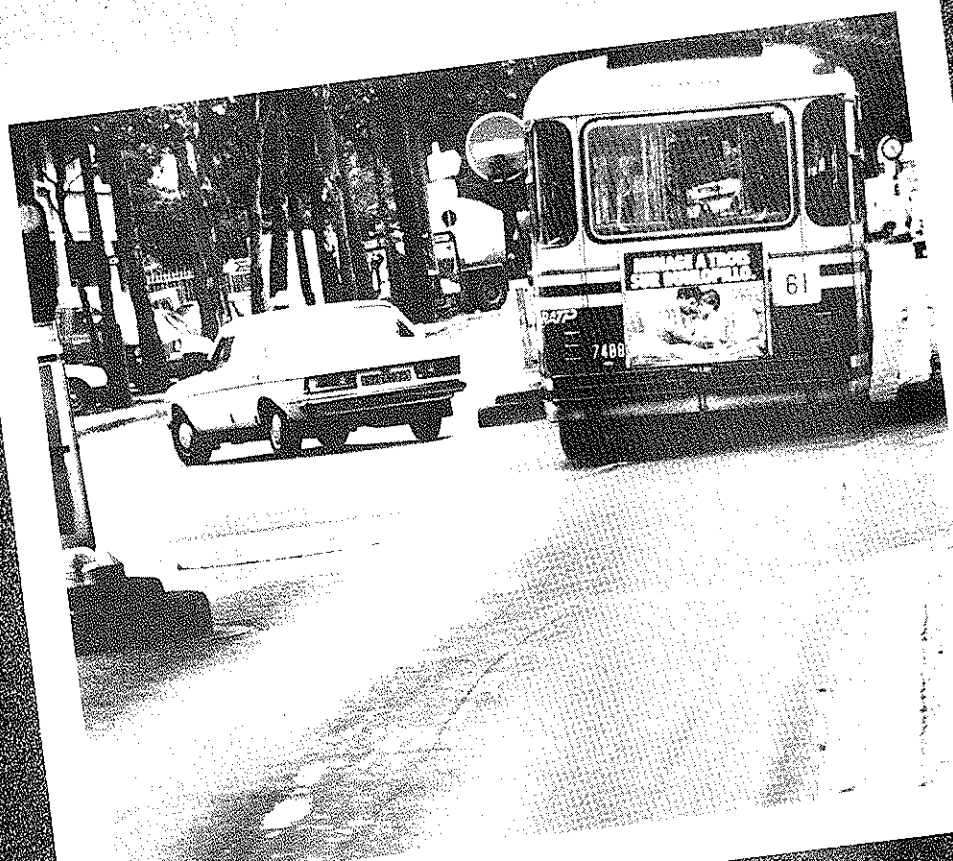
ANALYSE CRITIQUE

les eaux pluviales sont dirigées vers la chaussée principale : le couloir bus n'est pas bordé de caniveaux, ce qui est un élément favorable à la tenue de la chaussée.

PROBLÈMES RENCONTRÉS

- léger orniérage du revêtement,
- problèmes de sécurité vis-à-vis des piétons qui n'ont pas toujours conscience de la particularité du couloir (circulation intermittente des bus contrastant avec le flot continu du trafic sur la chaussée principale).

n° 1 : Vue générale après 4 à 5 ans de service.



n° 2 : Vues rapprochées du revêtement.

ASPHALTE

COULOIR ÉTABLI A CONTRESENS DE LA CIRCULATION CHAUSSÉE EN ASPHALTE

LIEU

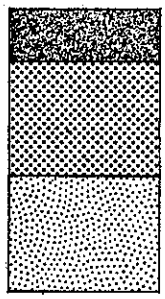
DÉPARTEMENT	Seine
ROUTE	Boulevard Diderot
COMMUNE	PARIS
LONGUEUR	130 m
TRAFIC BUS	700 bus/j
SILHOUETTE DES VÉHICULES	1a

DATE

ANNÉE DE RÉALISATION :	juin 1978
DURÉE DES TRAVAUX :	1 mois
MISE EN SERVICE :	juillet 1978

STRUCTURE RÉALISÉE

SECTION COURANTE ET ARRETS



5 cm asphalte aux granulats de synthèse

18 cm grave-bitume

20 cm grave-laitier

Largeur : 3,50 m en section courante
Tracé : rectiligne
Dévers : 2 %
Assainissement : caniveaux asphaltés

ANALYSE CRITIQUE

la différenciation de ce couloir à contresens n'est pas créée par la nature du revêtement mais par un marquage continu et la présence d'obstacles fixes : îlots, feux...

PROBLÈMES RENCONTRÉS

- orniérage de quelques centimètres,
- usure des granulats dans les traces de roulement (granulats légers de synthèse).

n° 1 : Vue générale après 3 ans de service.

n° 2 : Vue rapprochée d'un regard.

BÉTON DE CIMENT

COULOIR BUS A CONTRESENS DE LA CIRCULATION CHAUSSÉE EN BÉTON

LIEU

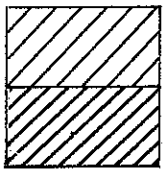
DÉPARTEMENT	Seine St-Denis
ROUTE	R.N. 3 (en agglomération)
COMMUNE	Pantin
LONGUEUR	550 m
TRAFIC BUS	720 bus/jour
SILHOUETTE DES VÉHICULES	1a

DATE

ANNÉE DE RÉALISATION :	1979
DURÉE DES TRAVAUX :	4 mois
MISE EN SERVICE :	Novembre 1979

STRUCTURE RÉALISÉE

SECTION COURANTE ET ZONES D'ARRÊTS

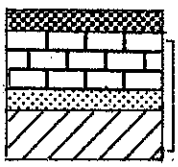


(20 à 24 cm)
Béton de ciment

(15 cm)
Béton maigre (150 kg)

Largeur : 3,50 m
Tracé : rectiligne
Dévers : 2 %
Assainissement : caniveau en béton

AUX INTERSECTIONS



(4 cm) BB 0/10

Ancienne chaussée
pavée conservée
pavage mosaïque sur béton

ANALYSE CRITIQUE

Avantages :

- la chaussée et le caniveau sont réalisés simultanément grâce à un profil adapté de la machine de mise en œuvre,
- bon impact visuel du couloir, ce qui en améliore la perception en l'absence de séparateur physique,
- bon état du revêtement (insensibilité aux agressions diverses).

La structure béton a été interrompue à chaque carrefour du fait :

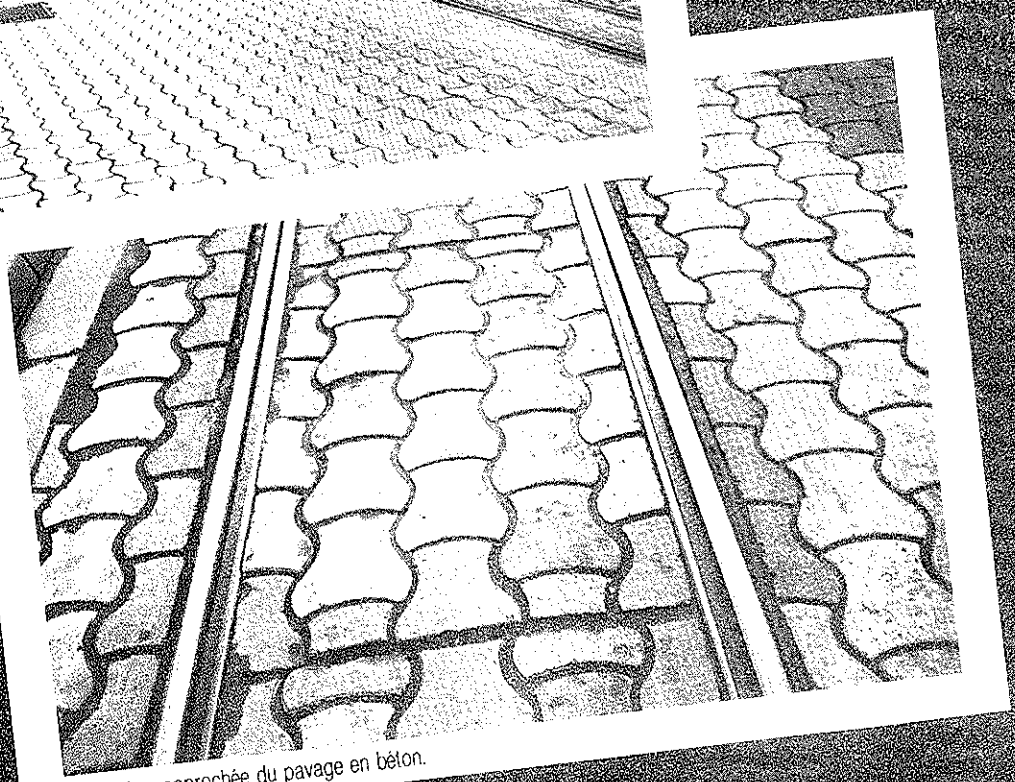
- du délai de remise en circulation,
- de la difficulté des raccordements avec les profils des voies transversales.

Ces interruptions ont l'avantage de bien matérialiser les carrefours.

PROBLÈMES RENCONTRÉS

La tenue de certains encadrements de regards (réalisés après la chaussée) pose problème (photo n° 2).

n° 1 : Vue générale (5 années service). Couloirs Bus et Tramway.



n° 2 : Vue rapprochée du pavage en béton.

PAVÉS DE BÉTON

CHAUSSÉE EN PAVÉS DE BÉTON SITE PROPRE AXIAL

LIEU

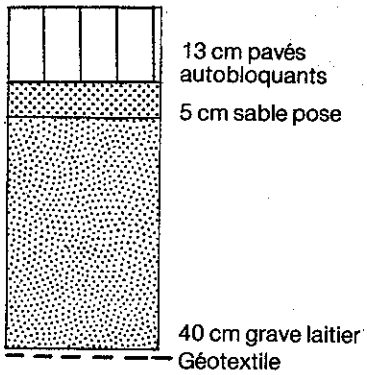
DÉPARTEMENT	Nord
ROUTE	Boulevard Général Leclerc
COMMUNE	Roubaix
LONGUEUR	210 mètres
TRAFIC BUS	174 bus/j
SILHOUETTES DES VÉHICULES	1a + tramways

DATE

ANNÉE DE RÉALISATION :	1977
DURÉE DES TRAVAUX :	3 mois
MISE EN SERVICE :	fin 1977

STRUCTURE RÉALISÉE

SECTION COURANTE ET ARRÊTS



ANALYSE CRITIQUE

Avantages :
- impact visuel – différenciation de la voie,
- technique bien adaptée pour les voies mixtes « tramway/bus »,
- commodité des opérations de démontage/remontage,
- bonne résistance aux hydrocarbures.

PROBLÈMES RENCONTRÉS

- maintien des coloris dans le temps,
- raccordements avec les bordures et caniveaux.

n° 1 : Vue générale.

n° 2 : Vue rapprochée.

PAVÉS DE PIERRE

CHAUSSÉE EN PAVÉS DE PIERRE RUE MIXTE - PIÉTON - TRANSPORT EN COMMUN

LIEU

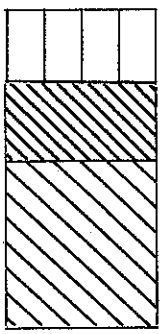
DÉPARTEMENT	Moselle
ROUTE	Rue Serpenoise
COMMUNE	METZ
LONGUEUR	300 m
TRAFIC BUS	250 bus/j
SILHOUETTES DES VÉHICULES	1a et 1b

DATE

ANNÉE DE RÉALISATION :	1979
DURÉE DES TRAVAUX :	5 mois
MISE EN SERVICE :	Septembre 1979

STRUCTURE RÉALISÉE

SECTION COURANTE ET ARRÊTS



pavé granit ou porphyre
14 cm

chappe au mortier
(entre 4 et 10 cm)

Dalle béton (300 kg)
25 cm

ANALYSE CRITIQUE

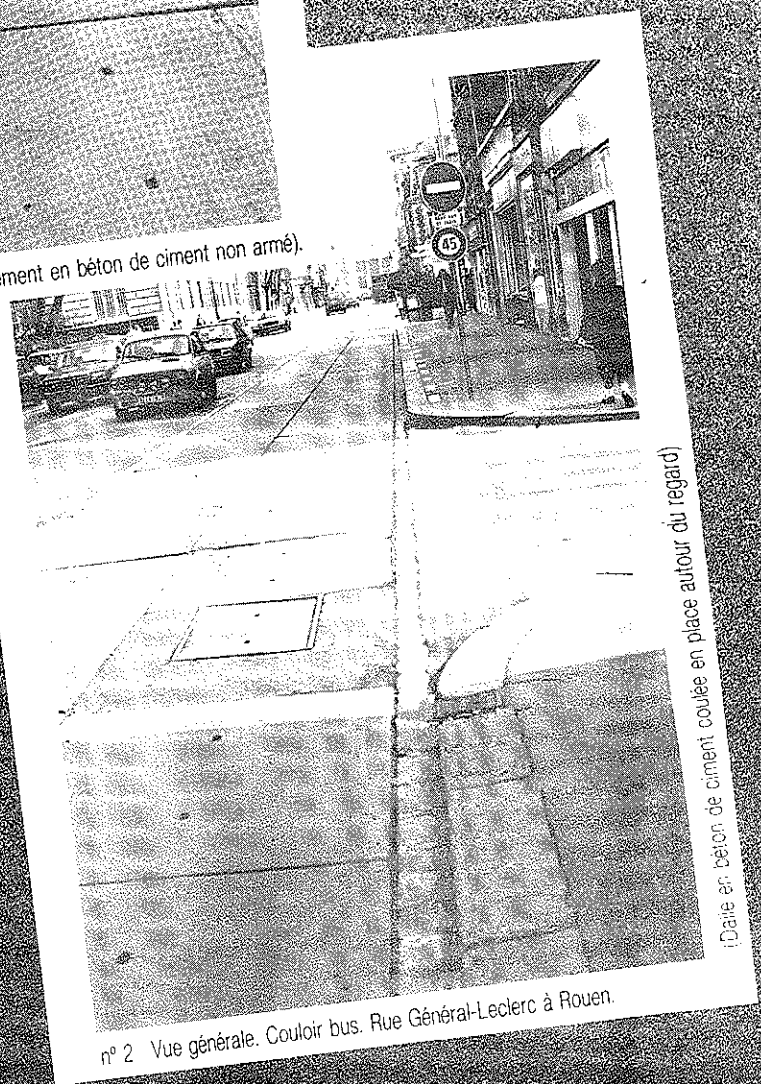
Avantages :
impact visuel - esthétique
accès aux réseaux

PROBLÈMES RENCONTRÉS

- tenue des joints due au lavage de la rue par jet haute pression
- mauvais confort de marche du pavé porphyre (rabottage nécessaire)

n° 1 Vue générale. Couloirs bus et taxis. Rue Jeanne d'Arc à ROUEN.

(arrêt de bus en retrait réalisé antérieurement en béton de ciment non armé).



(Dalle en béton de ciment coulée en place autour du regard)

n° 2 Vue générale. Couloir bus. Rue Général-Leclerc à Rouen.

DALLES PRÉFABRIQUÉES DE BÉTON ARMÉ

COULOIR LATÉRAL DANS LE SENS DE LA CIRCULATION

LIEU

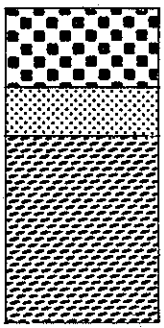
DÉPARTEMENT	Seine-Maritime
COMMUNE	ROUEN
RUE (*)	Gal Leclerc
LONGUEUR	470 m
TRAFIC BUS	750 bus/j
SILHOUETTES DES VÉHICULES	1 et 3

DATE

ANNÉE DE RÉALISATION :	1981
DURÉE DES TRAVAUX :	2 mois
MISE EN SERVICE :	Septembre 1981

STRUCTURE RÉALISÉE

SECTION COURANTE ET ARRÊTS



14 cm dalle préfabriquée en béton armé (1,50 × 2 m)

5 cm sable 0/5 de ballastières

30 cm GNT 0/20 silico-calcaire avec 10 % sable fillérisé quartzite

Sol en place

- joints entre dalles remplis de sable

ANALYSE CRITIQUE

Avantages :
- différenciation des voies,
- bonne accessibilité aux réseaux (le démontage et le remontage sont aisés).

PROBLÈMES RENCONTRÉS

- la présence de regards implique la réalisation de dalles en béton de ciment coulées en place, dont la tenue ultérieure laisse parfois à désirer.
- surveillance et entretien assez fréquents (remise à niveau de dalles ayant légèrement basculé). Cet inconvénient pourrait être combattu par la réalisation de joints étanches dès la construction.

(*) Réalisations 1982 : rue Jeanne d'Arc 250 m
et rue Thiers 200 m

VÉRIFICATION GEL-DÉGEL

La question de la tenue au gel-dégel des chaussées urbaines revêt une importance particulière du fait :

- de l'impossibilité de protéger les chaussées par la pose de barrières de dégel en cas d'hiver rigoureux,
- et de l'impossibilité de réaliser un renforcement des chaussées en cas de détérioration de celles-ci.

Ces conditions imposent aux structures d'être dimensionnées de manière à pouvoir supporter sans dommages les **effets des hivers les plus rigoureux.**

Nota : le problème de la tenue au gel-dégel ne se pose évidemment pas quand le sol support a été reconnu comme non gélif.

Il y a risque de désordres pour une chaussée si on se trouve simultanément en présence d'un sol gélif, d'un apport de froid et d'un apport d'eau. Sur ce dernier point, les chaussées urbaines jouissent en général d'une situation privilégiée par rapport aux chaussées de rase campagne, compte tenu :

- de l'environnement : les sols sont relativement bien protégés des infiltrations d'eau, conséquence de l'imperméabilisation procurée par les surfaces construites,
- de l'assainissement : les eaux pluviales sont toujours collectées par des réseaux d'assainissement.

Pour les voies urbaines dont les sols supports sont supposés à l'abri de toute alimentation en eau, on pourra donc admettre que le comportement des chaussées ne sera pas perturbé en période hivernale. La structure à adopter dans ce cas sera celle qui a été définie au chapitre 4.

Par contre, on vérifiera la tenue au gel-dégel des structures de chaussées précédemment définies lorsque la nature du projet est telle qu'un apport d'eau dans les sols est susceptible de se produire ; ceci peut être le cas notamment pour :

- les projets situés en dehors des « centre-ville »,
- les projets dont les abords, en particulier les trottoirs, sont peu imperméabilisés,
- les zones où la nappe phréatique est peu profonde.

Le principe de la vérification au gel-dégel consiste à comparer l'indice de gel (*) atmosphérique de référence IR, caractérisant la rigueur de l'hiver dont on veut se prémunir, à l'indice de gel admissible IA de la chaussée : cet indice est caractéristique du comportement thermique de la chaussée et du sol support.

La vérification de la tenue au gel-dégel est positive si l'indice de gel admissible IA de la chaussée est supérieur ou égal à l'indice de référence IR. Dans ce cas, on retient la structure de chaussée déterminée au chapitre 4. Dans le cas contraire, on sera amené à mettre en place une couche de forme (ou majorer l'épaisseur de celle-ci, si une couche de forme était déjà prévue de manière à ce que les valeurs de IA et IR deviennent voisines.

On se reportera pour le calcul de IR et IA au chapitre 5 du Manuel de conception des chaussées neuves à faible trafic (LCPC-SETRA-1981).

(*) l'indice de gel est la somme (en - C x jours) des températures moyennes journalières négatives d'une période de gel.

BIBLIOGRAPHIE

GUIDES TECHNIQUES

CETUR 1979 - Les aménagements des axes prioritaires de T.C. Guide technique provisoire.
SETRA LCPC 1977 - Catalogue des structures types des chaussées neuves.
SETRA 1981 - Manuel de conception des chaussées neuves à faible trafic.
SETRA 1981 - Note technique sur le compactage des remblais de tranchées.

DIRECTIVES RECOMMANDATIONS

SETRA 1969 - Directive pour la réalisation des couches de surfaces de chaussée en B.B.
SETRA LCPC 1978 - Directive pour la réalisation des chaussées en béton de ciment.
SETRA LCPC 1974-1980 - Recommandation pour la réalisation des assises de chaussée en graves non traitées.
SETRA LCPC 1976 - Recommandation pour les terrassements routiers.

NORMES C.C.T.G.

SETRA 1969 - Cahier des clauses techniques générales n° 27 (BB).
AFNOR 1969 - Norme NFP 18-321 relative aux granulats.
AFNOR 1969 - Normes NFP 84-305 et NFB 13-301 relatives aux asphaltes.
SETRA 1969 - Cahier des clauses techniques générales n° 28 (BC).
AFNOR 1983 - Norme NFP 98-303, relative aux pavés en béton.

ÉTUDES PARTICULIÈRES

LREP 1980 - Étude des chaussées des voies spécialisées pour T.C. - Recensement.
VILLE DE MARSEILLE 1980 - Axe Nord-Sud - Couloir de bus - Étude des chaussées.
VILLE DE ROUEN 1981 - LR ROUEN - Étude de structures pour couloir bus.
LR LILLE 1982 - Les couloirs bus des villes de Lille - Roubaix - Tourcoing - Wattrelos - Villeneuve d'Asq.

OÙ SE RENSEIGNER

Le lecteur pourra recueillir toute information complémentaire sur les sujets traités dans ce manuel en s'adressant aux services compétents :

RÉDACTEURS DU DOCUMENT

- le Laboratoire Régional de l'est parisien
Groupe Chaussée
Rue de l'Égalité prolongée, B.P. 34
93350 LE BOURGET
- le Laboratoire Régional de Rouen
chemin de la Poudrière
B. P. 247
76120 LE GRAND QUEVILLY

ONT COLLABORÉ A LA RÉDACTION DE CE DOCUMENT

- le SETRA
46, avenue Aristide Briand
92220 BAGNEUX
- le Laboratoire Régional d'Aix-en-Provence
Zone industrielle
Rue Einstein - B. P. 39
13290 LES MILLES
- le Laboratoire Régional de Lille
1, route de Séquedin
B. P. 99
59230 HAUBOURDIN
- le Laboratoire Régional de l'ouest parisien
12, rue Teisserene-de-Bort
B. P. 108
78195 TRAPPES CEDEX

ONT COORDONNÉ LE GROUPE DE TRAVAIL ET ASSURÉ LA RÉALISATION DE CE DOCUMENT

- le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
Section Mécanique des Chaussées
B. P. 19
44340 BOUGUENARD
- le Centre d'Études des Transports Urbains
Cellule Voirie et Signalisation
8, avenue Aristide Briand
92220 BAGNEUX

Pour obtenir d'autres exemplaires :

Service de Documentation
CETUR
8, avenue Aristide Briand
92220 BAGNEUX
(1) 657.11.47

Centre d'Études des Transports Urbains CETUR
Conception graphique et mise en page Fred NAOUM
Fabrication Jean-Pierre MALINVAUD
Photocomposition 4PS Tours

Impression
Achevé d'imprimer le 30/09/84

Dépôt légal : 3e trimestre 1984
ISBN n° 2-11 083340 8

Cet ouvrage est en vente au CETUR-Documentation
8, avenue Aristide Briand - 92220 BAGNEUX
Tél. (1) 657-11-47